

**Vydání  
duben 2014**

**Přídavný modul**

# **RF-STEEL EC3**

**Posouzení únosnosti, použitelnosti,  
požární odolnosti a stability podle  
Eurokódu 3**

## **Popis programu**

Všechna práva včetně práv k překladu vyhrazena.

Bez výslovného souhlasu společnosti DLUBAL SOFTWARE S.R.O. není povoleno tento popis programu ani jeho jednotlivé části jakýmkoli způsobem dále šířit.

© **Dlubal Software s.r.o.**  
**Anglická 28 120 00 Praha 2**

Tel.: +420 222 518 568  
Fax: +420 222 519 218  
Email: [info@dlubal.cz](mailto:info@dlubal.cz)  
Web: [www.dlubal.cz](http://www.dlubal.cz)



# Obsah

	Obsah	Strana		Obsah	Strana
<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>	4.1	Posouzení po zatěžovacích stavech	53
1.1	Přídavný modul RF-STEEL EC3	4	4.2	Posouzení po průřezech	54
1.2	Tým pro vývoj modulu RF-STEEL EC3	5	4.3	Posouzení po sadách prutů	55
1.3	Poznámka k příručce	6	4.4	Posouzení po prutech	56
1.4	Spuštění modulu RF-STEEL EC3	6	4.5	Posouzení po místech x	56
<b>2.</b>	<b>Vstupní data</b>	<b>8</b>	4.6	Rozhodující vnitřní síly po prutech	57
2.1	Základní údaje	8	4.7	Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů	58
2.1.1	Záložka <i>Mezní stav únosnosti</i>	10	4.8	Štíhlosti prutů	58
2.1.2	Záložka <i>Mezní stav použitelnosti</i>	11	4.9	Výkaz materiálu po prutech	60
2.1.3	Záložka <i>Požární odolnost</i>	12	4.10	Výkaz materiálu po sadách prutů	61
2.1.4	Národní příloha (NP)	13	<b>5.</b>	<b>Vyhodnocení výsledků</b>	<b>62</b>
2.2	Materiály	17	5.1	Výsledky na modelu v RFEMu	63
2.3	Průřezy	19	5.2	Průběhy výsledků	65
2.4	Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí	23	5.3	Filtrování výsledků	66
2.5	Vzpěrné délky - pruty	24	<b>6.</b>	<b>Výstup</b>	<b>68</b>
2.6	Vzpěrné délky - sady prutů	28	6.1	Výstupní protokol	68
2.7	Uzlové podpory – sady prutů	29	6.2	Tisk zobrazení	68
2.8	Klouby na koncích prutu - sady prutů	31	<b>7.</b>	<b>Obecné funkce</b>	<b>70</b>
2.9	Údaje pro posouzení použitelnosti	33	7.1	Návrhové případy	70
2.10	Požární odolnost - pruty	34	7.2	Optimalizace průřezů	72
2.11	Parametry - pruty	35	7.3	Jednotky a desetinná místa	74
2.12	Parametry - sady prutů	42	7.4	Výměna dat	75
<b>3.</b>	<b>Výpočet</b>	<b>43</b>	7.4.1	Export materiálů do RFEMu	75
3.1	Detailní nastavení	43	7.4.2	Export vzpěrných délek do RFEMu	75
3.1.1	Únosnost	43	7.4.3	Export výsledků	75
3.1.2	Stabilita	45	<b>8.</b>	<b>Příklady</b>	<b>77</b>
3.1.3	Použitelnost	47	8.1	Stabilita	77
3.1.4	Požární odolnost	48	8.2	Požární odolnost	84
3.1.5	Ostatní	50	<b>A</b>	<b>Literatura</b>	<b>87</b>
3.2	Spuštění výpočtu	51	<b>B</b>	<b>Index</b>	<b>88</b>
<b>4.</b>	<b>Výsledky</b>	<b>52</b>			

# 1. Úvod

## 1.1 Přídavný modul RF-STEEL EC3



Eurokód 3 (EN 1993-1-1:2005) stanoví pravidla pro navrhování, posuzování a výstavbu ocelových konstrukcí v členských státech Evropské unie. Přídavným modulem RF-STEEL EC3 hlavního programu RFEM od firmy DLUBAL SOFTWARE S.R.O. se uživatelům dostává do ruky vysoce výkonný nástroj, který výborně poslouží při dimenzování prutových konstrukcí. Předpisy specifické pro jednotlivé země jsou v modulu zohledněny v národních přílohách. Příslušné parametry jsou tak již předem definovány, uživatel může ovšem také sám zadat mezní hodnoty a přidávat do modulu nové národní přílohy.

V modulu RF-STEEL EC3 se provádějí všechna typická posouzení únosnosti, stability a deformací. Při ověřování únosnosti se zohledňují různá namáhání a uživatel má u dané normy na výběr z několika interakčních posouzení. Důležitou součástí posouzení podle Eurokódu 3 je rozdělení posuzovaných průřezů do tříd 1 až 4. Cílem klasifikace průřezů je určit, v jakém rozsahu lokální boulení v částech průřezu omezuje únosnost a rotační kapacitu průřezů. Modul RF-STEEL EC3 počítá poměr  $c/t$  tlačných částí a provádí klasifikaci zcela automaticky.

V případě stabilitní analýzy lze u každého jednotlivého prutu nebo sady prutů rozhodnout, zda je vybočení možné ve směru osy  $y$  a/nebo  $z$ . Definovat lze také přídavné příčné podpory, a vytvořit tak skutečně věrný model. Zohlednit můžeme rovněž stabilizační účinek vaznic a plechů ve formě torzního uložení a smykových polí. Poměrná štíhlost a kritické zatížení se stanoví v modulu RF-STEEL EC3 automaticky na základě okrajových podmínek. Pro posouzení klopení si může uživatel nechat automaticky v programu vypočítat pružný kritický moment při klopení nebo ho může také zadat ručně. Zohlední se přitom místo působení příčných zatížení, které má rozhodující vliv na namáhání kroucením.

V modulu RF-STEEL EC3 se dále provádí posouzení požární odolnosti podle EN 1993-1-2. Při výpočtu se přitom uplatňuje zjednodušený postup v rovině mezního stavu únosnosti. Jako požární ochranu lze přitom zvolit buď nátěry či obklady s různými fyzikálními vlastnostmi.

Ověření mezního stavu použitelnosti je u staveb se štíhlými průřezy důležitým posouzením. Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků lze přitom zařadit do různých návrhových situací. Příslušné mezní hodnoty jsou stanoveny v národní příloze, lze je ovšem v případě potřeby upravit. Zadát lze dále vztažné délky a nadvýšení, které se při posouzení náležitě zohlední.

V modulu RF-STEEL EC3 lze posoudit také prvky z korozivzdorné oceli podle EN 1993-1-4.

Modul nabízí uživateli možnost optimalizovat v případě potřeby průřezy a exportovat upravené profily do RFEMu. Samostatné návrhové případy umožňují posoudit samostatně části rozsáhlých konstrukcí nebo vyšetřit různé varianty.

RF-STEEL EC3 je jako přídavný modul integrován do programu RFEM. Po spuštění modulu jsou tak důležité vstupní údaje již předem nastaveny. Jakmile je posouzení ukončeno, lze použít grafické prostředí RFEMu k vyhodnocení výsledků. Celé posouzení od výpočtu vnitřních sil po návrh konstrukce lze zdokumentovat v centrálním, jednotném výstupním protokolu RFEMu.

Přejeme Vám mnoho úspěchů a zábavy při práci s naším modulem RF-STEEL EC3.

Vaše společnost DLUBAL Software s.r.o.

## 1.2 Tým pro vývoj modulu RF-STEEL EC3

Na vývoji modulu RF-STEEL EC3 se podíleli:

### Koordinátoři programu

Dipl.-Ing. Georg Dlupal

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

### Programátoři

Ing. Zdeněk Kosáček

Mgr. Petr Oulehle

Dipl.-Ing. Georg Dlupal

Zbyněk Zámečník

Dr. Ing. Jaroslav Lain

DiS. Jiří Šmerák

Ing. Martin Budáč

### Databáze průřezů a materiálů

Ing. Jan Rybín, Ph.D.

Ing. Jiří Kubiček

Mgr. Petr Oulehle

### Design programu, dialogů a ikon

Dipl.-Ing. Georg Dlupal

Ing. Jan Miléř

MgA. Robert Kolouch

### Testování programu

Ing. Martin Vasek

Dipl.-Ing. (FH) Wieland Götzler

### Lokalizace programu a manuály

Ing. Fabio Borriello

Ing. Roberto Lombino

Ing. Dmitry Bystrov

Eng.º Nilton Lopes Fernandes

Eng.º Rafael Duarte

Mgr. Ing. Hana Macková

Ing. Jana Duníková

Ing. Téc. José Martínez Hernández

Ing. Lara Caballero Freyer

MA SKT Anton Mitleider

Ing. Alessandra Grosso

Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

BSc Eng Chelsea Jennings

Mgr. Petra Pokorná

Jan Jeřábek

Ing. Michaela Prokopová

Ing. Ladislav Kábrt

Ing. Zoja Rendlová

Ing. Aleksandra Kociołek

Dipl.-Ing. Jing Sun

Mgr. Michaela Kryšková

Ing. Marcela Svitáková

Dipl.-Ing. Tingting Ling

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Ing. Marcin Wardyn

### Technická podpora a závěrečná kontrola

M.Eng. Cosme Asseya

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex

Dipl.-Ing. Moritz Bertram

Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula

M.Sc. Sonja von Bloh

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Dipl.-Ing. Frank Faulstich

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag

Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner

Dipl.-Ing. Wieland Götzler

Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Dipl.-Ing. (FH) Paul Kieloch

## 1.3 Poznámka k příručce

Tematické oblasti jako instalace, uživatelské prostředí, vyhodnocení výsledků a výstup jsou podrobně popsány v manuálu k hlavnímu programu RFEM, a proto je v této příručce ponecháme stranou. Pozornost naopak soustředíme na zvláštnosti, které přináší práce s tímto přídatným modulem.



Při popisu modulu RF-STEEL EC3 vycházíme z pořadí a struktury tabulek se vstupními a výstupními daty. V textu uvádíme popisované **ikony** (tlačítka) v hranatých závorkách, např. [Details...]. Tlačítka jsou zároveň zobrazena na levém okraji. **Názvy** dialogů, tabulek a jednotlivých nabídek jsou pak v textu pro přehlednost vyznačeny *kurzivou*.

Na závěr příručky připojujeme také index pro rychlé vyhledání určitých termínů. Pokud však ani tak nenaleznete to, co potřebujete, pak se Vám na našich webových stránkách [www.dlubal.cz](http://www.dlubal.cz) nabízí vyhledávač, pomocí kterého můžete dle zadaných kritérií listovat v rozsáhlém seznamu *Otázky a odpovědi*.

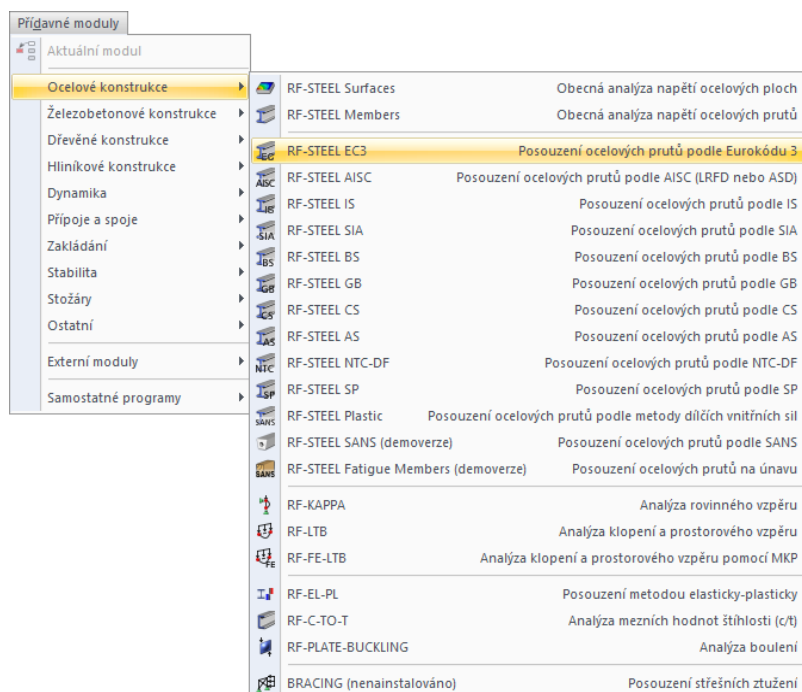
## 1.4 Spuštění modulu RF-STEEL EC3

Přídavný modul RF-STEEL EC3 lze v RFEMu spustit několika způsoby.

### Hlavní nabídka

Modul RF-STEEL EC3 můžeme vyvolat příkazem z hlavní nabídky programu RFEM

**Přídavné moduly** → **Ocelové konstrukce** → **RF-STEEL EC3**.

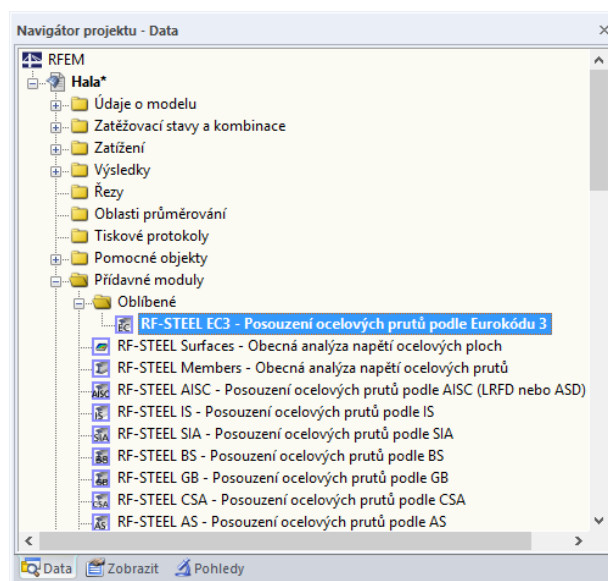


Obr. 1.1: Hlavní nabídka: *Přídavné moduly* → *Ocelové konstrukce* → *RF-STEEL EC3*

## Navigátor

Modul RF-STEEL EC3 lze dále vyvolat z navigátoru *Data* kliknutím na položku

**Přidavné moduly → RF-STEEL EC3.**



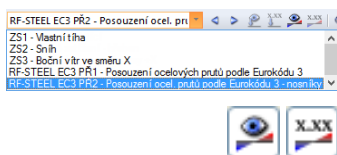
Obr. 1.2: Navigátor Data: Přidavné moduly → RF-STEEL EC3

## Panel

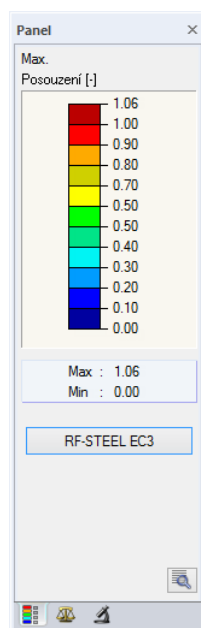
Pokud jsou v určitém modelu konstrukce v RFEMu již k dispozici výsledky z modulu RF-STEEL EC3, pak lze daný modul otevřít také z řídicího panelu.

Návrhový případ z modulu RF-STEEL EC3 nastavíme v seznamu zatěžovacích stavů v panelu nástrojů. Tlačítkem [Zobrazit výsledky] necháme v grafickém okně zobrazit výsledky posouzení na prutech.

V řídicím panelu můžeme nyní použít tlačítko [RF-STEEL EC3], kterým lze modul pro posouzení ocelových konstrukcí spustit.



RF-STEEL EC3



Obr. 1.3: Panel: Tlačítko [RF-STEEL EC3]

## 2. Vstupní data

Po spuštění přídatného modulu RF-STEEL EC3 se zobrazí nové okno, v jehož levé části vidíme navigátor pro přístup ke všem stávajícím dialogům. Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam všech případně již zadaných návrhových případů (viz kapitola 7.1, strana 70).

Údaje, které jsou zapotřebí pro posouzení, se zadávají v několika vstupních dialozích. Pokud modul RF-STEEL EC3 spouštíme poprvé, pak se automaticky načtou následující parametry:

- Pruty a sady prutů
- Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků
- Materiály
- Průřezy
- Vzpěrné délky
- Vnitřní síly (na pozadí – pokud byly vypočítány)



Dialogy lze otevřít kliknutím na jejich název v navigátoru modulu. Uživatel může mezi nimi přepínat také pomocí vlevo znázorněných tlačítek (listování dopředu či zpět) nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].

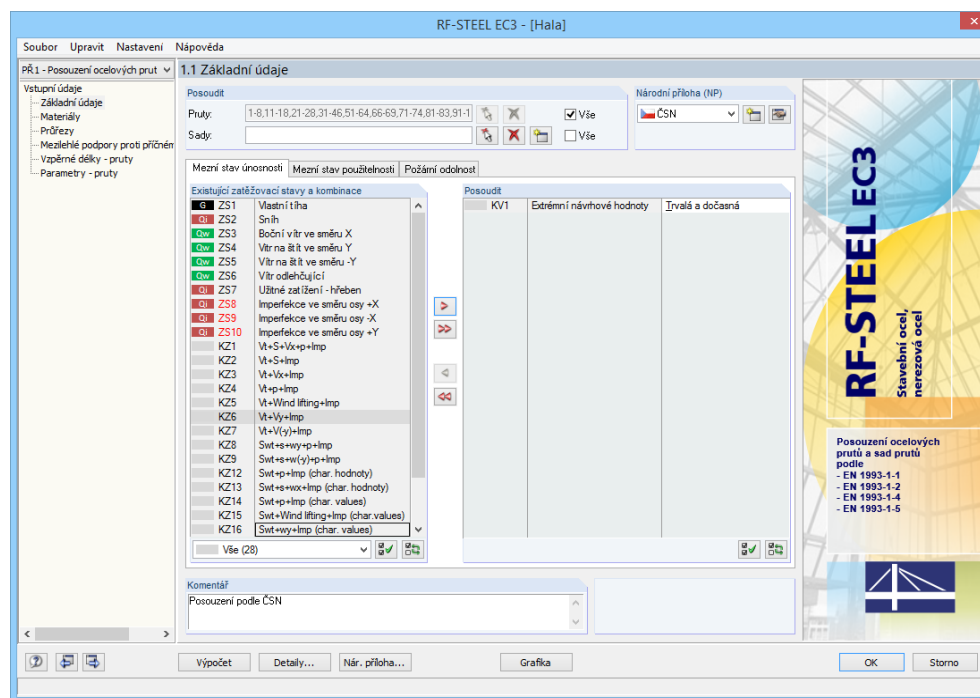
Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a modul RF-STEEL EC3 zavřeme. Vrátime se do hlavního programu. Tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

OK

Storno

### 2.1 Základní údaje

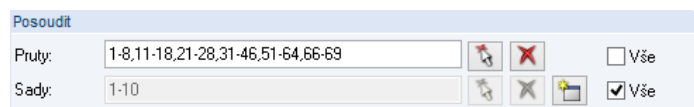
V dialogu 1.1 *Základní údaje* se vybírají pruty, sady prutů a zatížení k posouzení. Uživatel má možnost stanovit zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků pro jednotlivá posouzení zvlášť v příslušných záložkách.



Obr. 2.1: Dialog 1.1 *Základní údaje*



### Sekce *Posoudit*



Obr. 2.2: Posouzení prutů a sad prutů



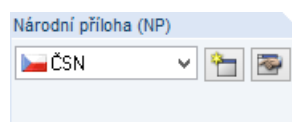
Posoudit lze jak *pruty* tak *sady prutů*. Pokud se mají posoudit pouze některé objekty, je třeba zrušit označení políčka *Vše*. Tím se zpřístupní obě vstupní pole, do nichž lze zadávat čísla příslušných prutů nebo sad prutů. Seznam předem nastavených čísel lze vybrat dvojitým kliknutím a přepsat ručně. Pomocí tlačítka [↵] lze příslušné objekty zvolit i graficky v pracovním okně RFEMu.

Při posouzení sady prutů se spočítají extrémní hodnoty pro všechny pruty z dané sady a při stabilizní analýze se zohlední okrajové podmínky připojených prutů. Výsledky se zobrazí ve výstupních tabulkách 2.3 *Posouzení po sadách prutů*, 3.2 *Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů* a 4.2 *Výkaz materiálu po sadách prutů*.



Pokud chceme vytvořit novou sadu prutů, můžeme použít vlevo znázorněné tlačítko. Otevře se dialog, který již známe z programu RFEM, v němž vyplníme příslušné údaje.

### Národní příloha (NP)



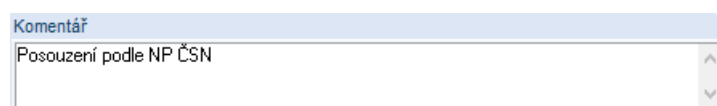
Obr. 2.3: Národní příloha

V seznamu v pravém horním rohu tohoto dialogu může uživatel nastavit národní přílohu, kterou se budou následně řídit parametry pro posouzení a mezní hodnoty deformace.



Pomocí tlačítka [Upravit národní přílohu (NP)...] otevřeme dialog s detailním nastavením vybrané národní přílohy, kde můžeme přikontrolovat a případně upravit některé parametry. Tento dialog popisujeme v kapitole 2.1.4 na straně 13.

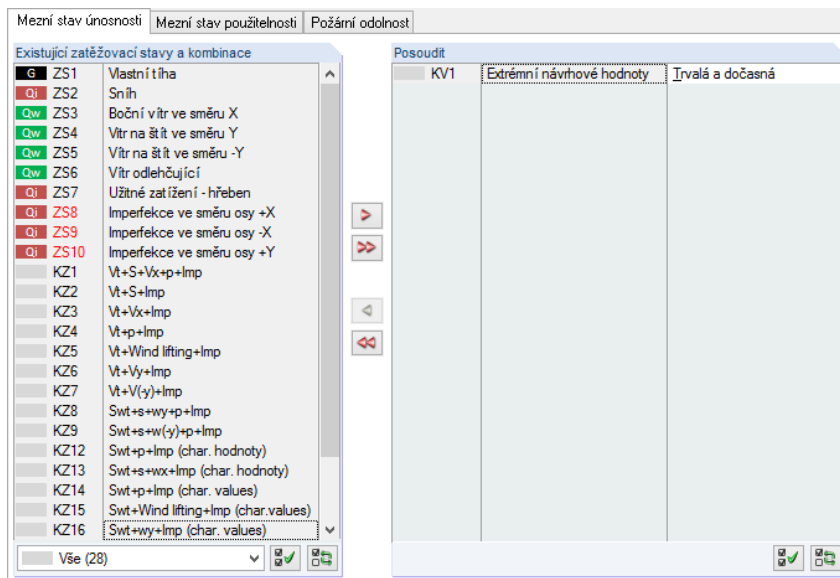
### Komentář



Obr. 2.4: Komentář od uživatele

V tomto vstupním poli může uživatel uvést vlastní poznámku například k aktuálnímu návrhovému případu.

### 2.1.1 Záložka *Mezní stav únosnosti*



Obr. 2.5: Dialog 1.1 *Základní údaje*, záložka *Mezní stav únosnosti*

#### Existující zatěžovací stavy a kombinace

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.



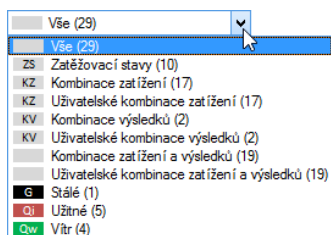
Pomocí tlačítka [▶] můžeme vybrané položky zařadit do seznamu vpravo *Posoudit*. Jednotlivé položky lze vybrat i dvojím kliknutím. Tlačítkem [▶▶] převedeme do tabulky vpravo celý seznam.

Mnohonásobný výběr zatěžovacích stavů lze provést, jak je ve Windows běžné, se stisknutou klávesou [Ctrl]. Můžeme tak převádět několik zatěžovacích stavů najednou.

Pokud jsou zatěžovací stavy označeny hvězdičkou (\*), jako např. ZS 8 na obr. 2.5, nelze je posoudit: v takovém případě jim totiž nebyla přiřazena žádná zatížení nebo obsahují výlučně imperfekce. Při převodu daného zatěžovacího stavu se zobrazí příslušné upozornění.

Pod seznamem máme k dispozici různé filtrovací funkce. Slouží k třídění položek podle kategorie účinku nebo podle toho, zda se jedná o zatěžovací stav či určitý druh kombinace.

Tlačítka v této sekci mají následující funkce:



	Slouží k výběru všech zatěžovacích stavů v seznamu.
	Obrátí výběr zatěžovacích stavů.

Tabulka 2.1: Tlačítka v záložce *Mezní stav únosnosti*

#### Secke *Posoudit*



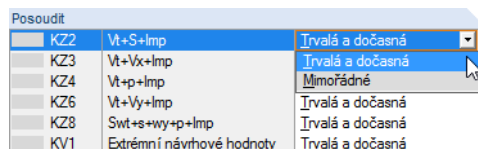
Tabulka vpravo obsahuje zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které jsme vybrali k posouzení. Tlačítkem [◀] nebo dvojím kliknutím můžeme vybrané položky ze seznamu opět odstranit. Tlačítkem [◀◀] smažeme celý seznam.

Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků můžeme přiřadit následujícím návrhovým situacím:

- *Trvalá a dočasná*
- *Mimořádná*

Daným přiřazením se řídí součinitele  $\gamma_{M0r}$ ,  $\gamma_{M1}$  a  $\gamma_{M2r}$ , které vstupují do výpočtu únosností  $R_d$  pro posouzení průřezu a stabilitní analýzy (viz obr. 2.10, strana 14).

Návrhovou situaci můžeme změnit tak, že vybereme ze seznamu jinou položku po kliknutí na tlačítko [▼] na konci vstupního políčka.



Obr. 2.6: Přiřazení návrhové situace

I v tomto případě lze se stisknutou klávesou [Ctrl] vybrat několik zatěžovacích stavů a kombinací najednou a změnit u všech současně návrhovou situaci.

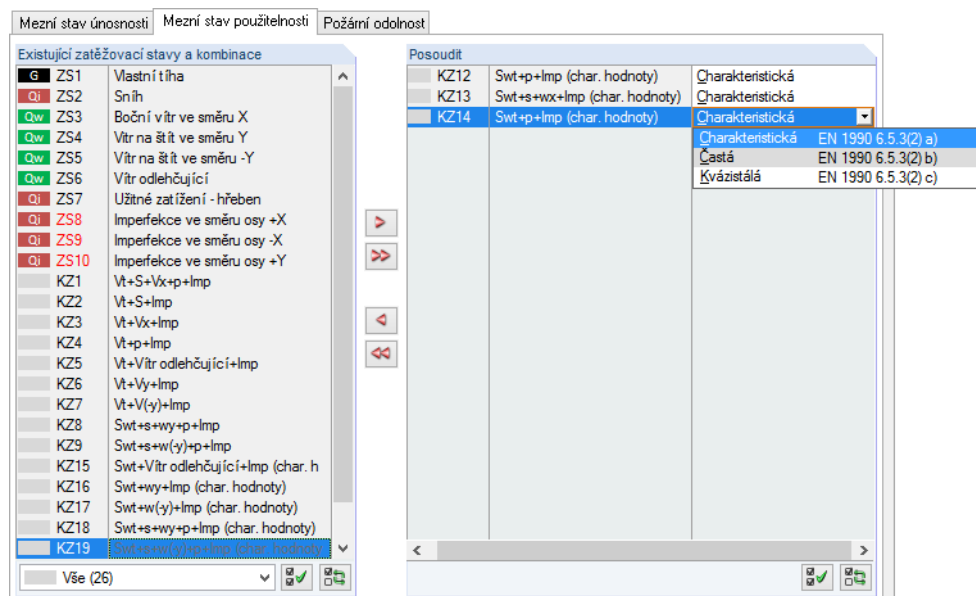


Kombinace  
výsledků

Výpočet obálky souhrnné kombinace výsledků Max/Min probíhá sice rychleji než posouzení všech vybraných zatěžovacích stavů a kombinací zatížení, posouzení kombinace výsledků má ovšem také nevýhody: zaprvé lze při něm jen stěží rozpoznat vliv jednotlivých zatížení. Zadruhé se pro výpočet kritického momentu vzpěru  $M_{cr}$  vyšetří obálka momentových průběhů, z nichž se pak uplatní méně příznivý průběh (Max nebo Min). Tento průběh ovšem jen zřídka odráží průběh momentů v jednotlivých kombinacích zatížení. Při posouzení kombinace výsledků tak lze očekávat méně příznivé hodnoty  $M_{cr}$ , které vedou k většímu využití.

Kombinace výsledků bychom měli vybírat pouze pro posouzení dynamických kombinací. V případě „normálních“ kombinací doporučujeme zvolit kombinace zatížení, protože se při výpočtu  $M_{cr}$  vychází ze skutečných momentových průběhů.

### 2.1.2 Záložka Mezní stav použitelnosti



Obr. 2.7: Dialog 1.1 Základní údaje, záložka Mezní stav použitelnosti

#### Existující zatěžovací stavy a kombinace

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.

### Sekce *Posoudit*

Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků můžeme zařadit na seznam vpravo *Posoudit* nebo je ze seznamu opět odstranit tak, jak popisujeme v kapitole 2.1.1.

Zatěžovacím stavům, kombinacím zatížení i kombinacím výsledků můžeme přiřadit různé mezní hodnoty průhybu. Na výběr máme z následujících návrhových situací:

- *Charakteristická*
- *Častá*
- *Kvazistálá*

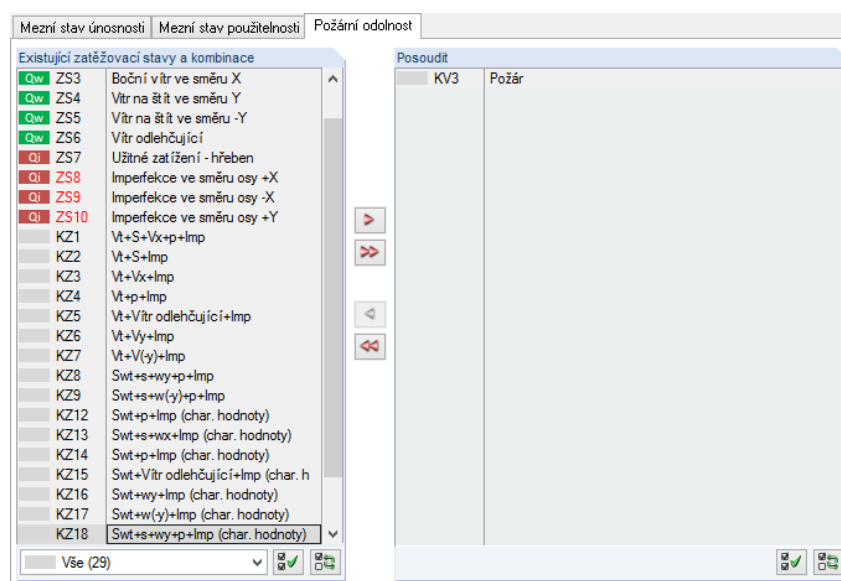
Návrhovou situaci můžeme změnit tak, že vybereme ze seznamu jinou položku po kliknutí na tlačítko [▼] na konci vstupního políčka (viz obr. 2.7).

Mezní hodnoty průhybů upravuje národní příloha. V případě potřeby je po kliknutí na tlačítko [Upravit národní přílohu (NP)...] můžeme změnit v dialogu *Parametry národní přílohy* (viz obr. 2.10, strana 14) u jednotlivých návrhových situací.

V dialogu 1.9 *Údaje pro posouzení použitelnosti* se stanoví rozhodující vztažné délky pro posouzení deformací (viz kapitola 2.9, strana 33).

Nár. příloha...

### 2.1.3 Záložka *Požární odolnost*



Obr. 2.8: Dialog 1.1 *Základní údaje*, záložka *Požární odolnost*

#### Existující zatěžovací stavy a kombinace

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.

### Sekce *Posoudit*

Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků můžeme zařadit na seznam vpravo *Posoudit* nebo je ze seznamu opět odstranit tak, jak popisujeme v kapitole 2.1.1. Uživatel by tu měl vybrat zatížení spočítaná podle EN 1991-1-2 [2].

### 2.1.4 Národní příloha (NP)

V seznamu v pravém horním rohu dialogu 1.1 *Základní údaje* může uživatel nastavit národní přílohu, kterou se budou následně řídit parametry pro posouzení a mezní hodnoty deformace.



Obr. 2.9: Výběr národní přílohy



Po kliknutí na tlačítko [Upravit národní přílohu (NP)...] otevřeme dialog s detailním nastavením vybrané národní přílohy, kde můžeme přezkontrolovat a případně upravit některé parametry (viz následující obrázek).

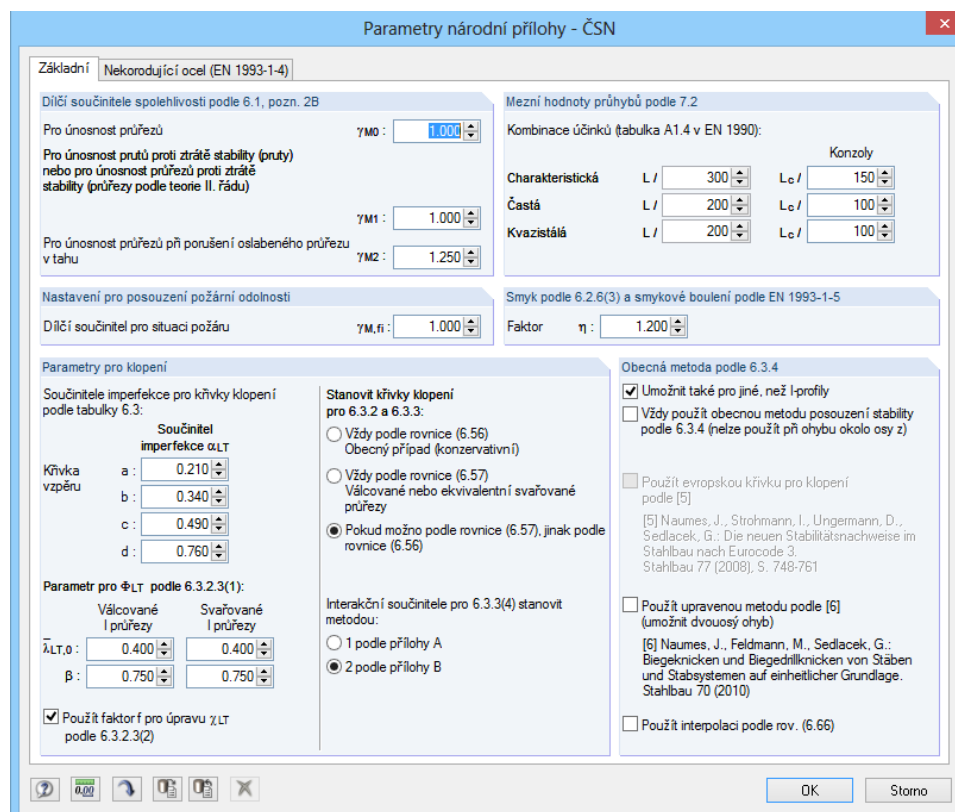


Tlačítko [Vytvořit novou národní přílohu (NP)...] slouží uživateli k zadání další národní přílohy do programu.

Nár. příloha...

Ve všech vstupních dialozích máme navíc k dispozici tlačítko [Nár. příloha...]. Také tímto tlačítkem můžeme otevřít dialog *Parametry národní přílohy*, který sestává ze dvou záložek.

## Záložka Základní


Obr. 2.10: Dialog *Parametry národní přílohy - ČSN*, záložka *Základní*

V jednotlivých sekcích tohoto dialogu můžeme zkontrolovat a případně upravit *dílčí součinitele spolehlivosti, mezní hodnoty průhybů a parametry pro klopení*.



V oddílu *Obecná metoda podle 6.3.4* můžeme dále stanovit, zda se mají posouzení stability provádět vždy podle [1], čl. 6.3.4. První volba v této sekci umožňuje použít obecnou metodu buď pouze u I profilů, nebo také u jiných průřezů.

Pro stabilitní analýzu lze také použít *evropskou křivku pro klopení* podle NAUMES [8]. Ve své dizertaci z listopadu 2009 NAUMES [9] rozšířil obecnou metodu pro vzpěr z roviny a klopení u konstrukčních prvků podle EN 1993-1-1, čl. 6.3.4 [1] na přídatný příčný ohyb a kroucení. Tuto *upravenou metodu* lze také uplatnit v modulu RF-STEEL EC3 pro posouzení asymetrických průřezů a prutů s náběhy či sad prutů namáhaných dvousým ohybem (kroucení se v modulu RF-STEEL EC3 v současnosti neuvažuje).

Podle [1], článku 6.3.4 (4) se může součinitel vzpěrnosti  $\chi_{op}$  určit buď

- jako menší z hodnot:  $\chi$  pro vzpěr z roviny podle 6.3.1 nebo  $\chi_{LT}$  pro klopení podle 6.3.2 vypočtených pro globální poměrnou štíhlost  $\lambda_{op}$  nebo
- jako hodnota určená interpolací mezi hodnotami  $\chi$  a  $\chi_{LT}$  (k tomu viz také [1], rovnice (6.66)).

Metoda podle NAUMES vychází ze standardní evropské křivky pro klopení, přičemž se zohledňuje upravený součinitel imperfekce  $\alpha^*$ , a proto se nemusí uvažovat interakce mezi vzpěrem a klopením podle [1], rovnice (6.66).


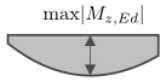
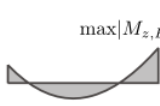


Výpočet	
Hlavní rovina	Vedlejší rovina
$\alpha_{Ed}(x) = \frac{\chi_{LT}(x) \cdot \alpha_{ult,k}(x)}{\gamma_{M1}} \geq 1$	$\beta_z(x) = \frac{M_{z,Ed}(x)}{M_{z,Rd}(x)} \cdot (1 - q_{Mz})$
Návrh	
zjednodušený	přesný
$\Delta n_R = 0.9$	$\Delta n_R = 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \right] \cdot \chi_{LT}^2(x) \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2(x)$
$\frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} + \beta_z(x) \leq \Delta n_R$	

Obr. 2.11: Průběh výpočtu NAUMESOVOU metodou

Výpočet probíhá v prvním kroku zvlášť pro hlavní a vedlejší nosnou rovinu. Přitom se určí momentový součinitel  $q_{Mz}$  podle obr. 2.12.





V druhém kroku se spočítá kritérium posouzení  $\Delta n_R$ .

Následně se sečte míra využití hlavní a vedlejší roviny a porovná se s kritériem posouzení  $\Delta n_R$ .

Průběh momentu $M_z$	$q_{Mz}$
	$q_{Mz} = 0,21 \cdot (1 - \psi_z) + 0,36 \cdot (0,33 - \psi_z) \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}} \leq \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = \frac{1}{\alpha_{crit}} \cdot \left( 1 - \frac{\pi^2 EI_z \cdot \max \delta_y }{l^2 \cdot \max M_{z,Ed} } \right)$
	
	$q_{Mz} = 0,18 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = 0,03 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$

Obr. 2.12: Stanovení momentového součinitele  $q_{Mz}$

Tlačítka v dialogu *Parametry národní přílohy* mají následující funkce:

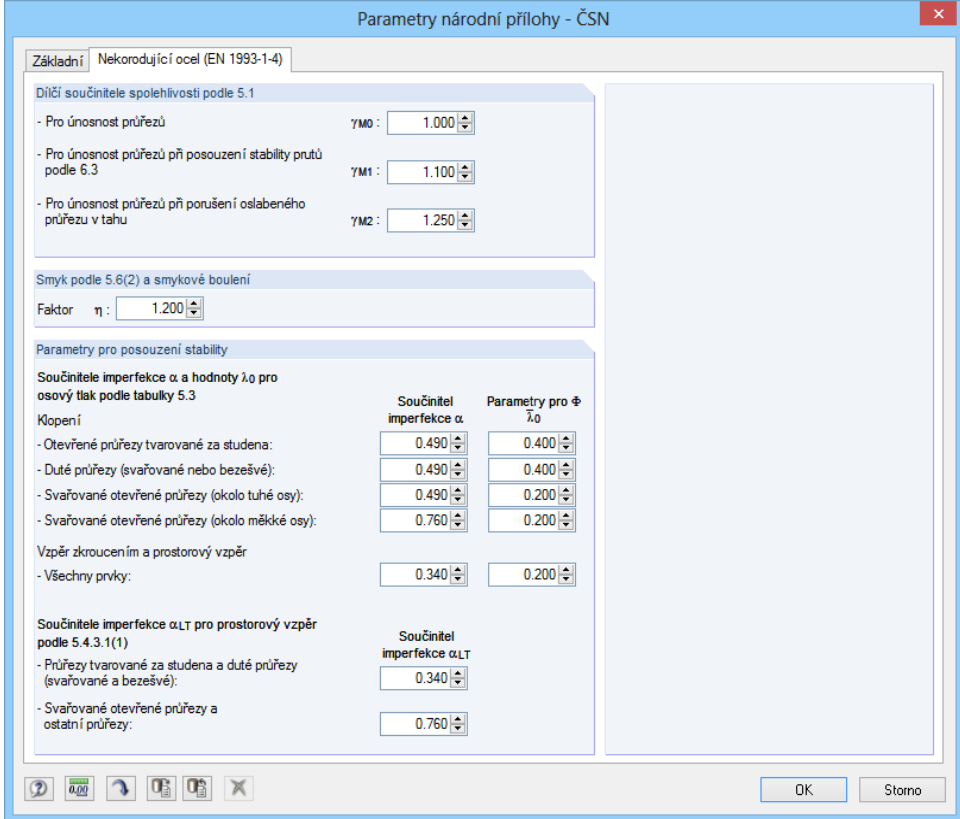
Tlačítko	Funkce
	Obnoví hodnoty předem nastavené v programu.
	Načte hodnoty, které uživatel zadal jako standardní.
	Uloží upravené nastavení jako standard.
	Smaže uživatelem zadanou národní přílohu.

Tabulka 2.2: Tlačítka v dialogu *Parametry národní přílohy*

### Záložka *Nekorodující ocel*

RF-STEEL EC3 také umožňuje posoudit prvky z korozivzdorné oceli podle EN 1993-1-4 [4].

Ve druhé záložce dialogu *Parametry národní přílohy* se uvádí příslušné *dílčí součinitele spolehlivosti a parametry pro posouzení stability*.



Parametry národní přílohy - ČSN

Základní Nekorodující ocel (EN 1993-1-4)

Dílčí součinitele spolehlivosti podle 5.1

- Pro únosnost průřezů  $\gamma_{M0}$  : 1.000
- Pro únosnost průřezů při posouzení stability prutů podle 6.3  $\gamma_{M1}$  : 1.100
- Pro únosnost průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu  $\gamma_{M2}$  : 1.250

Smyk podle 5.6(2) a smykové boulení

Faktor  $\eta$  : 1.200

Parametry pro posouzení stability

Součinitele imperfekce  $\alpha$  a hodnoty  $\lambda_0$  pro osový tlak podle tabulky 5.3

Klopení	Součinitel imperfekce $\alpha$	Parametry pro $\lambda_0$
- Otevřené průřezy tvarované za studena:	0.490	0.400
- Duté průřezy (svařované nebo bezešvé):	0.490	0.400
- Svařované otevřené průřezy (okolo tuhé osy):	0.490	0.200
- Svařované otevřené průřezy (okolo měkké osy):	0.760	0.200

Vzpěr zkroucením a prostorový vzpěr

- Všechny prvky: 0.340 (Součinitel imperfekce  $\alpha$ ), 0.200 (Parametry pro  $\lambda_0$ )

Součinitele imperfekce  $\alpha_{LT}$  pro prostorový vzpěr podle 5.4.3.1(1)

- Průřezy tvarované za studena a duté průřezy (svařované a bezešvé): 0.340
- Svařované otevřené průřezy a ostatní průřezy: 0.760

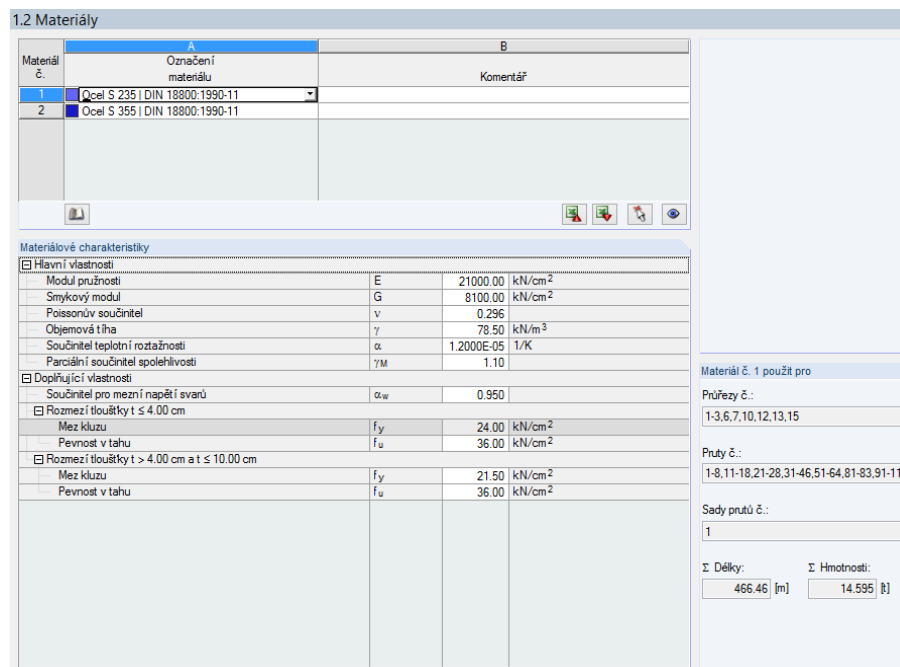
OK Storno

Obr. 2.13: Dialog *Parametry národní přílohy - ČSN*, záložka *Nekorodující ocel (EN 1993-1-4)*



## 2.2 Materiály

Tento dialog je rozdělen do dvou částí. V horní sekci se uvádí všechny materiály, které byly do RFEMu uloženy. Ve spodní sekci *Materiálové charakteristiky* se zobrazí vlastnosti aktuálního materiálu, tzn. materiálu, jehož řádek jsme vybrali v horní sekci.



Obr. 2.14: Dialog 1.2 Materiály

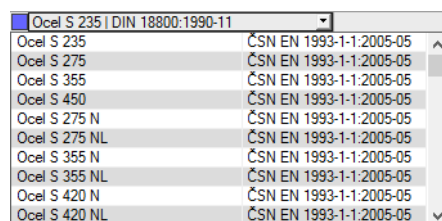
Materiály, které se nebudou při posouzení uvažovat, jsou uvedeny šedým písmem. Nepřípustné materiály se uvádí červeným písmem, změněné materiály modrým.

V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM popisujeme materiálové parametry, které se uplatňují při výpočtu vnitřních sil (*hlavní vlastnosti*). Do globální databáze materiálů se uloží také materiálové charakteristiky, které jsou zapotřebí pro posouzení. Dané hodnoty se předem nastaví (*doplňující vlastnosti*).

Jednotky a desetinná místa materiálových hodnot a napětí lze měnit příkazem z hlavní nabídky **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa...** (viz kapitola 7.3, strana 74).

### Označení materiálů

V tomto sloupci se automaticky nastaví materiály definované v RFEMu. Můžeme je ovšem kdykoli změnit: klikneme na materiál ve sloupci A, čímž aktivujeme dané políčko. Následně klikneme na tlačítko [▼] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevřeme tak seznam materiálů.



Obr. 2.15: Seznam materiálů

Seznam obsahuje v souladu s koncepcí posouzení podle EN 1993-1-1[1] pouze materiály z kategorie „Ocel“.

Jakmile vybereme požadovanou třídu, *materiálové charakteristiky* se aktualizují.

Pokud změníme označení materiálu ručně a v databázi materiálů existuje položka se stejným názvem, RF-STEEL EC3 rovněž načte příslušné materiálové hodnoty.

Materiálové charakteristiky nelze v programu RF-STEEL EC3 zásadně upravovat.

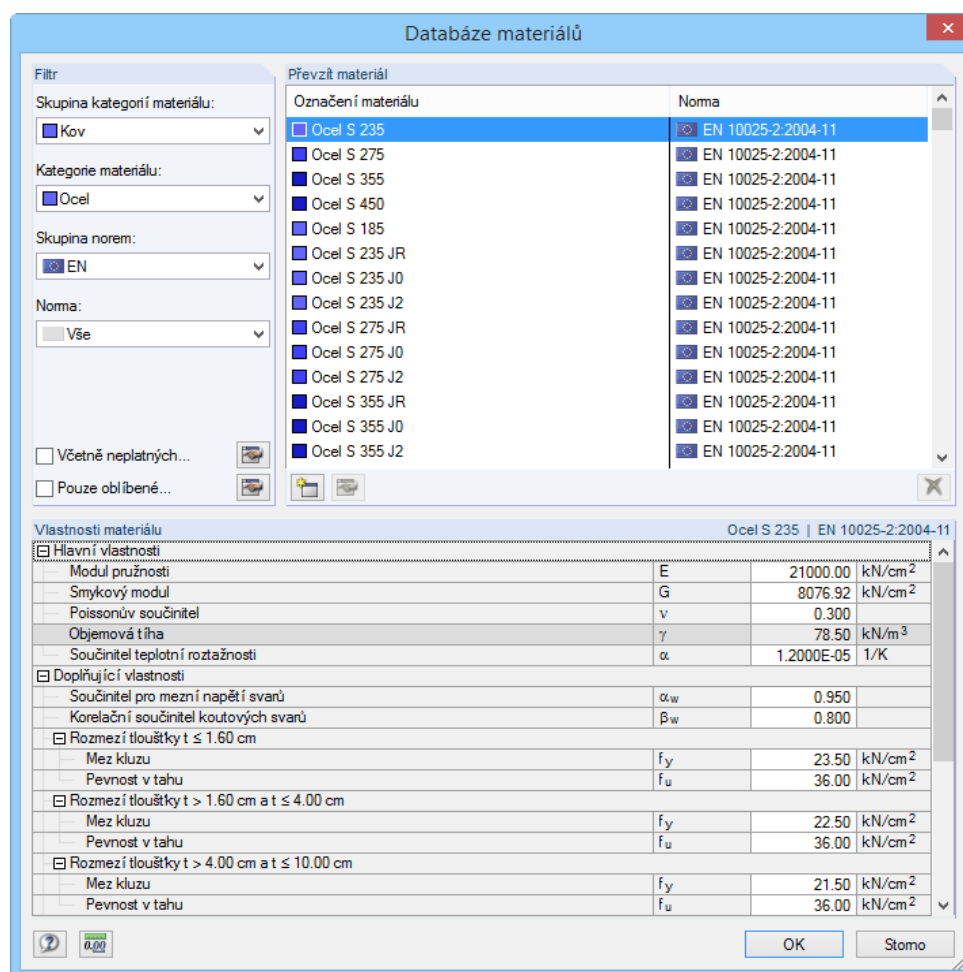
## Databáze materiálů

V databázi je uloženo značné množství materiálů. Databázi otevřeme příkazem v hlavní nabídce



**Upravit → Databáze materiálů...**

nebo kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.



Obr. 2.16: Dialog Databáze materiálů

V sekci *Filtr* je předem nastavena kategorie materiálu *Ocel*. V seznamu *Převzít materiál*, který se nachází vpravo, lze vybrat určitý materiál a ve spodní části dialogu překontrolovat jeho charakteristické hodnoty.

Po kliknutí na tlačítko [OK] nebo stisknutím klávesy [↵] se materiál převezme do dialogu 1.2 modulu RF-STEEL EC3.

V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM podrobně popisujeme, jak lze přidávat nové materiály do databáze nebo materiály nově třídit či filtrovat.

Z databáze lze vybrat také materiály kategorie *Litina* a *Korozivzdorná ocel*. Je však třeba ověřit, zda je norma EN 1993-1-1 [1] pokrývá.

OK

## 2.3 Průřezy

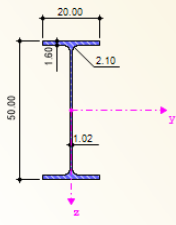
V tomto dialogu se pracuje s průřezy, které se uvažují při posouzení. Dále tu lze stanovit parametry pro optimalizaci.

1.3 Průřezy

Průřez č.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	<input checked="" type="checkbox"/> IPE 500   DIN	I-profil válcov.	Automaticky	0.46	aktuální řady	2)	
2	1	<input checked="" type="checkbox"/> IPE 360   DIN	I-profil válcov.	Automaticky	0.65	Ne		
3	1	<input checked="" type="checkbox"/> IPE 450   DIN	I-profil válcov.	Automaticky	0.58	Z aktuální řady		
6	1	<input checked="" type="checkbox"/> HE A 160   DI	I-profil válcov.	Automaticky	0.38	Ne		
7	1	<input checked="" type="checkbox"/> HE A 120   DI	I-profil válcov.	Automaticky	0.35	Ne		
9	2	<input checked="" type="checkbox"/> IPE 360   DIN	I-profil válcov.	Automaticky	0.44	Ne		
10	1	<input checked="" type="checkbox"/> HE A 140   DI	I-profil válcov.	Automaticky	0.20	Ne		
12	1	<input checked="" type="checkbox"/> QRO 80x4   D	Dutý profil válcov.	Automaticky	0.09	Ne		
13	1	<input checked="" type="checkbox"/> Kruh 2.4	Obecné	Automaticky	0.03	Ne	3)	
15	1	<input checked="" type="checkbox"/> HE A 200   DI	I-profil válcov.	Automaticky	0.09	Ne		

2) Průřez se optimalizuje, tzn. bude vyhledán nejlépe využitý průřez řady.

1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994



Průřezové charakteristiky - IPE 500 | DIN 1025-5:1994

Typ průřezu		I-profil válcov.	
Výška průřezu	h	50.00	cm
Šířka průřezu	b	20.00	cm
Tloušťka stojny	t <sub>w</sub>	1.02	cm
Tloušťka pásnice	t <sub>f</sub>	1.60	cm
Poloměr zaoblení	r	2.10	cm
Plocha průřezu	A	116.00	cm <sup>2</sup>
Účinná smyková plocha	A <sub>v,y</sub>	67.18	cm <sup>2</sup>
Účinná smyková plocha	A <sub>v,z</sub>	60.35	cm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub>	48200.00	cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>z</sub>	2140.00	cm <sup>4</sup>
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	89.70	cm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	I <sub>y</sub>	20.40	cm
Poloměr setrvačnosti	I <sub>z</sub>	4.31	cm
Blastický průřezový modul	W <sub>el,y</sub>	1930.00	cm <sup>3</sup>
Blastický průřezový modul	W <sub>el,z</sub>	214.00	cm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,y</sub>	2200.00	cm <sup>3</sup>

Průřez č. 1 použit pro

Pruty č.: 1,2,11,12,21,22,31,32,39,40

Sady prutů č.: -

Σ Délky: 48.00 [m]      Σ Hmotnosti: 4.371 [t]

Materiál: 1 - Ocel S 235

Obr. 2.17: Dialog 1.3 Průřezy

### Označení průřezu

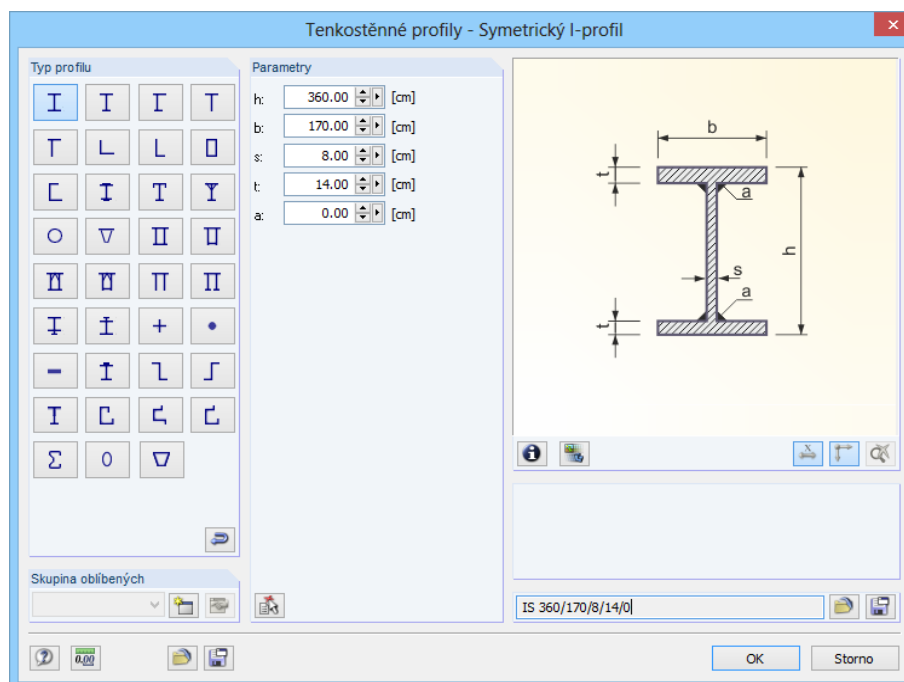
Při otevření dialogu jsou již předem nastaveny průřezy zadané v RFEMu i s přiřazenými čísly materiálů.

Pokud chceme průřez změnit, klikneme na položku ve sloupci B, a tím políčko aktivujeme. Tlačítkem [Převzít průřez z databáze...] nebo tlačítkem [...] na konci pole, resp. pomocí klávesy [F7] následně otevřeme databázi profilů (viz následující obrázek).

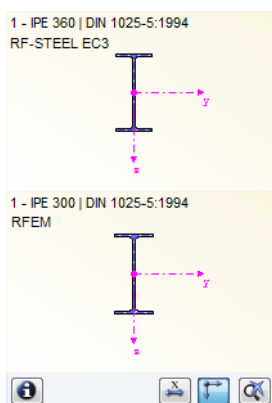
V daném dialogu pak můžeme vybrat jiný průřez nebo také jinou řadu profilů. Pokud chceme použít zcela jinou kategorii průřezů, můžeme tlačítkem [Zpět do databáze průřezů...] otevřít obecnou databázi profilů.

Výběr průřezů z databáze podrobně popisujeme v kapitole 4.13 manuálu k hlavnímu programu RFEM.





Obr. 2.18: Profilová řada IS v databázi průřezů



Nové označení průřezu lze uvést také přímo v daném vstupním políčku. Pokud v databázi materiálů existuje položka se stejným názvem, RF-STEEL EC3 rovněž načte příslušné průřezové charakteristiky.

Průřez se po změně uvádí modrým písmem.

Jestliže se průřezy v modulu RF-STEEL EC3 a v RFEMu liší, zobrazí se v grafickém okně vpravo vedle tabulky oba profily. Při posouzení se pak použijí vnitřní síly z RFEMu pro profil zvolený v modulu RF-STEEL EC3.

### Typ průřezu pro klasifikaci

V tomto sloupci se uvádí typ pro zařazení průřezu do příslušné třídy. Průřezy, které obsahuje tabulka 5.2 v normě [1], se mohou posuzovat v závislosti na třídě buď plasticky nebo pružně. Průřezy, které v této tabulce uvedeny nejsou, jsou klasifikovány jako *obecné*. Posoudit je můžeme pouze pružně (třída 3 nebo 4).

### Max. využití

Tento sloupec se zobrazí až po výpočtu. Na jeho základě lze rozhodnout, zda se má průřez optimalizovat. Z údajů v tomto sloupci a z barevných referenčních pruhů je zřejmé, které průřezy jsou téměř nevyužity, a tudíž předimenzovány, a naopak které jsou přetíženy, a tudíž poddimenzovány.

### Optimalizovat

Každý profil z databáze může být optimalizován. Při optimalizaci se na základě vnitřních sil z RFEMu vyhledá profil, který se nejvíce blíží maximálnímu využití, které uživatel stanovil v záložce *Ostatní* dialogu *Detaily* (viz obr. 3.8, strana 50).

Pokud chceme určitý průřez optimalizovat, je třeba ve sloupci E, resp. F otevřít seznam a z něj vybrat požadovanou položku: *Z aktuální řady* nebo případně *Z oblíbených, název*. Doporučení k optimalizaci průřezů najdeme v kapitole 7.2 na straně 72.

### Poznámka

V tomto sloupci jsou uvedeny odkazy na poznámky, které najdeme pod seznamem průřezů.



Pokud se před výpočtem zobrazí hlášení *Nepřípustný průřez č. XX*, pak se jedná o průřez, který nebyl uložen do databáze průřezů. Průřez mohl definovat sám uživatel nebo se může jednat o nespočítaný průřez z modulu SHAPE-THIN. Po kliknutí na tlačítko [Převzít průřez z databáze...] můžeme nastavit vhodný průřez pro posouzení (viz text pod obr. 2.17).

### Prut s náběhy

V případě prutů s náběhy s odlišným průřezem na počátku a konci prutu se uvedou obě čísla průřezů podle zadání v RFEMu do dvou řádků.

V modulu RF-STEEL EC3 lze provést i posouzení prutů s náběhy, pokud je počet napětových bodů u počátečního i koncového průřezu stejný. Normálová napětí se například počítají z momentů setrvačnosti a ze vzdáleností těžišť napětových bodů. Pokud má počáteční a koncový průřez prutu s náběhy rozdílný počet napětových bodů, nelze mezihodnoty interpolovat. Výpočet pak není možný ani v RFEMu ani v modulu RF-STEEL EC3.

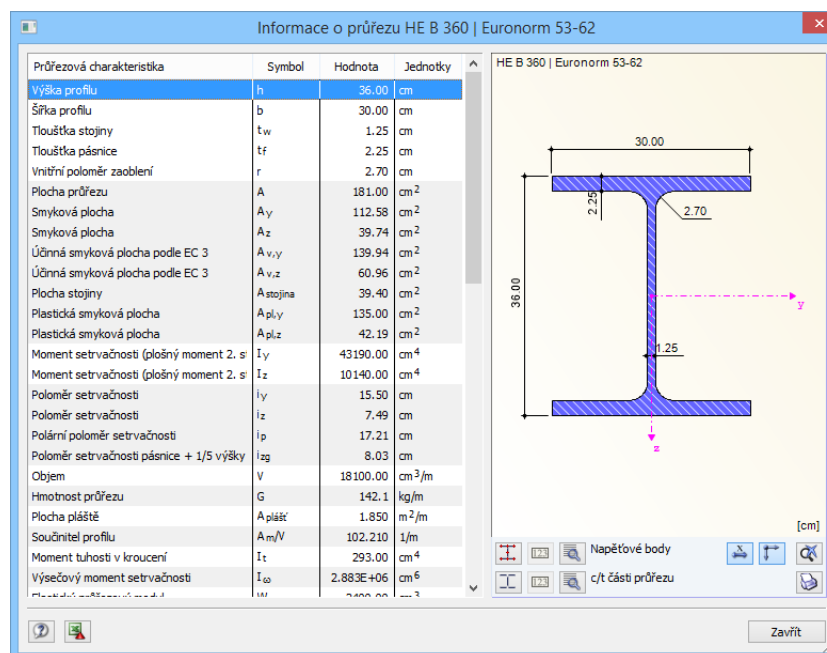


Pro kontrolu lze zobrazit napětové body průřezu včetně jejich číslování: vybereme v dialogu 1.3 daný průřez a následně klikneme na tlačítko [Informace o průřezu...]. Otevře se dialog, který vidíme na obr. 2.19.

### Informace o průřezu



V dialogu *Informace o průřezu* si lze prohlédnout průřezové charakteristiky, napětové body i (c/t) části průřezu.










Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	36.00	cm
Šířka profilu	b	30.00	cm
Tloušťka stojiny	t <sub>w</sub>	1.25	cm
Tloušťka pásnice	t <sub>f</sub>	2.25	cm
Vnitřní poloměr zaoblení	r	2.70	cm
Plocha průřezu	A	181.00	cm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>y</sub>	112.58	cm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>z</sub>	39.74	cm <sup>2</sup>
Účinná smyková plocha podle EC 3	A <sub>v,y</sub>	139.94	cm <sup>2</sup>
Účinná smyková plocha podle EC 3	A <sub>v,z</sub>	60.96	cm <sup>2</sup>
Plocha stojiny	A <sub>stojina</sub>	39.40	cm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	A <sub>pl,y</sub>	135.00	cm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	A <sub>pl,z</sub>	42.19	cm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. s)	I <sub>y</sub>	43190.00	cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. s)	I <sub>z</sub>	10140.00	cm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	i <sub>y</sub>	15.50	cm
Poloměr setrvačnosti	i <sub>z</sub>	7.49	cm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p</sub>	17.21	cm
Poloměr setrvačnosti pásnice + 1/5 výšky	i <sub>ag</sub>	8.03	cm
Objem	V	18100.00	cm <sup>3</sup> /m
Hmotnost průřezu	G	142.1	kg/m
Plocha pláště	A <sub>plášt'</sub>	1.850	m <sup>2</sup> /m
Součinitel profilu	A <sub>m/V</sub>	102.210	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	293.00	cm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti	I <sub>ω</sub>	2.883E+06	cm <sup>6</sup>

The diagram on the right shows the HE B 360 I-beam cross-section with dimensions: height h = 36.00 cm, flange width b = 30.00 cm, flange thickness t<sub>f</sub> = 2.25 cm, web thickness t<sub>w</sub> = 1.25 cm, and fillet radius r = 2.70 cm. The y and z axes are indicated.

Obr. 2.19: Dialog *Informace o průřezu*

V pravé části dialogu je znázorněn právě vybraný průřez.

Tlačítka pod obrázkem mají následující funkce:

Tlačítko	Funkce
	Zobrazí, resp. skryje napětové body.
	Zapne, resp. vypne zobrazení c/t částí průřezu.
	Zobrazí, resp. skryje čísla napětových bodů, resp. c/t částí průřezu.
	Zobrazí podrobné informace o napětových bodech, resp. o c/t částech průřezu (viz obr. 2.20).
	Zobrazí, resp. skryje kóty průřezu.
	Zobrazí, resp. skryje hlavní osy průřezu.
	Obnoví celkový náhled na průřez.

Tabulka 2.3: Tlačítka pro grafické zobrazení průřezu

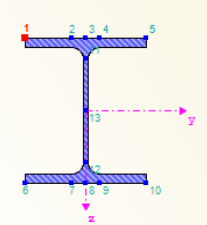


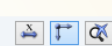
Tlačítkem [Detaily...] můžeme zobrazit specifické údaje o napětových bodech (souřadnice, statické momenty, výšečové pořadnice atd.) nebo o c/t částech průřezu.

Napětové body HE B 360 | Euronorm 53-62

Nap. bod č.	Souřadnice		Statické momenty		Tloušťka t [cm]	Deplanace	
	y [cm]	z [cm]	S <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	S <sub>z</sub> [cm <sup>3</sup> ]		ω [cm <sup>2</sup> ]	S <sub>ω</sub> [cm <sup>4</sup> ]
1	-15.00	-18.00	0.00	0.00	2.25	253.13	0.00
2	-3.33	-18.00	-443.29	-240.57	2.25	56.11	-4061.60
3	0.00	-18.00	-572.52	-254.00	2.25	0.00	-4271.48
4	3.33	-18.00	-443.29	240.57	2.25	-56.11	4061.60
5	15.00	-18.00	0.00	0.00	2.25	-253.13	0.00
6	-15.00	18.00	0.00	0.00	2.25	-253.13	0.00
7	-3.33	18.00	-443.29	240.57	2.25	-56.11	-4061.60
8	0.00	18.00	-572.52	254.00	2.25	0.00	-4271.48
9	3.33	18.00	-443.29	-240.57	2.25	56.11	4061.60
10	15.00	18.00	0.00	0.00	2.25	253.13	0.00
11	0.00	-13.05	-1234.88	0.00	1.25	0.00	0.00
12	0.00	13.05	-1234.88	0.00	1.25	0.00	0.00
13	0.00	0.00	-1341.51	0.00	1.25	0.00	0.00

HE B 360





Obr. 2.20: Dialog *Napětové body HE B 260*

## 2.4 Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí

V dialogu 1.4 může uživatel definovat na prutech mezilehlé podpory proti příčnému posunutí. Tyto podpory modul RF-STEEL EC3 vždy dosadí kolmo na vedlejší osu z daného průřezu (viz obr. 2.19). Tím se změní vzpěrné délky prutů, které jsou důležité pro stabilitní posouzení na vzpěr a klopení.

1.4 Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí

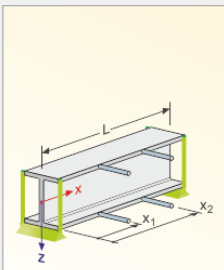
Prut č.	A Příčné podpory	B Typ podpory	C Délka L [m]	D Počet	E x <sub>1</sub>	F x <sub>2</sub>	Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí [ ]								
							G x <sub>3</sub>	H x <sub>4</sub>	I x <sub>5</sub>	J x <sub>6</sub>	K x <sub>7</sub>	L x <sub>8</sub>			
14	<input type="checkbox"/>		3.262												
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Proti příčnému vybočení a zkroucení	6.274	2	0.333	0.667									
33	<input type="checkbox"/>		3.000												
34	<input type="checkbox"/>		3.546												
35	<input type="checkbox"/>		3.000												
36	<input checked="" type="checkbox"/>	Proti příčnému vybočení a zkroucení	4.094	1	0.500										
41	<input type="checkbox"/>		3.011												
42	<input type="checkbox"/>		3.262												
43	<input checked="" type="checkbox"/>	Definováno uživatelem	6.274	1	0.500										

Relativně (0 ... 1)

Nastavení - prut č. 43

Průřez		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994
Příčné podpory		<input checked="" type="checkbox"/>
Typ podpory		Definováno uživatelem
Podélná vzpěra v y	u <sub>y</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vetknutí okolo x	φ <sub>x</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
Excentricita	e <sub>z</sub>	-124.00 cm
Délka prutu	L	6.274 m
Počet mezilehlých podpor proti příčnému posunutí	n	1
Místo uložení příčné podpory č.1	x <sub>1</sub>	0.500

Vstup přiřadit prutům č.:  Vše



Obr. 2.21: Dialog 1.4 Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí

V horní části dialogu má uživatel možnost vytvořit až devět příčných mezilehlých podpor na každém prutu. V další části dialogu *Nastavení* se zobrazí souhrn zadaných údajů u prutu, který jsme vybrali v horní tabulce.

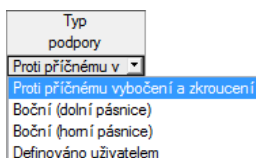
Pokud chceme u konkrétního prutu definovat mezilehlé podpory, je třeba ve sloupci A zaškrtnout políčko *Příčné podpory*. Po kliknutí na tlačítko [↗] můžeme příslušný prut vybrat v grafickém okně; aktivujeme tak jeho řádek v tabulce. Po zaškrtnutí příslušného políčka se zpřístupní ostatní sloupce pro zadání parametrů.

Ve sloupci B můžeme stanovit *Typ podpory*. Předem nastavena je možnost *Proti příčnému vybočení a zkroucení*. Seznam dále nabízí následující typy podpor: *Boční (dolní pásnice)*, *Boční (horní pásnice)* a *Definováno uživatelem*. Poslední z těchto voleb *Definováno uživatelem* umožňuje stanovit parametry podpory (podélná vzpěra v y, vetknutí okolo x, excentricita podepření) individuálně v sekci *Nastavení*.

Ve sloupci D se určí *počet* mezilehlých podpor. Na stanoveném počtu závisí, kolik následujících sloupců *Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí* se zpřístupní pro zadání míst x.

Pokud označíme volbu *Relativně (0 ... 1)* pod tabulkou, místa uložení podpor se stanoví na základě délky prutu a relativní vzdálenosti podpor od počátku prutu. Místa uložení podpor můžeme stanovit také tak, že uvedeme jejich skutečné vzdálenosti od počátku prutu; nejdříve ovšem musíme zrušit označení políčka *Relativně (0 ... 1)*.

U konzol je třeba se mezilehlým podporám vyhnout, protože podpory rozdělí prut pro výpočet do několika úseků. Vznikly by tak v případě konzol staticky neurčité segmenty s vidlicovým podepřením na jedné straně (vždy pouze na jednom konci).



Relativně (0 ... 1)



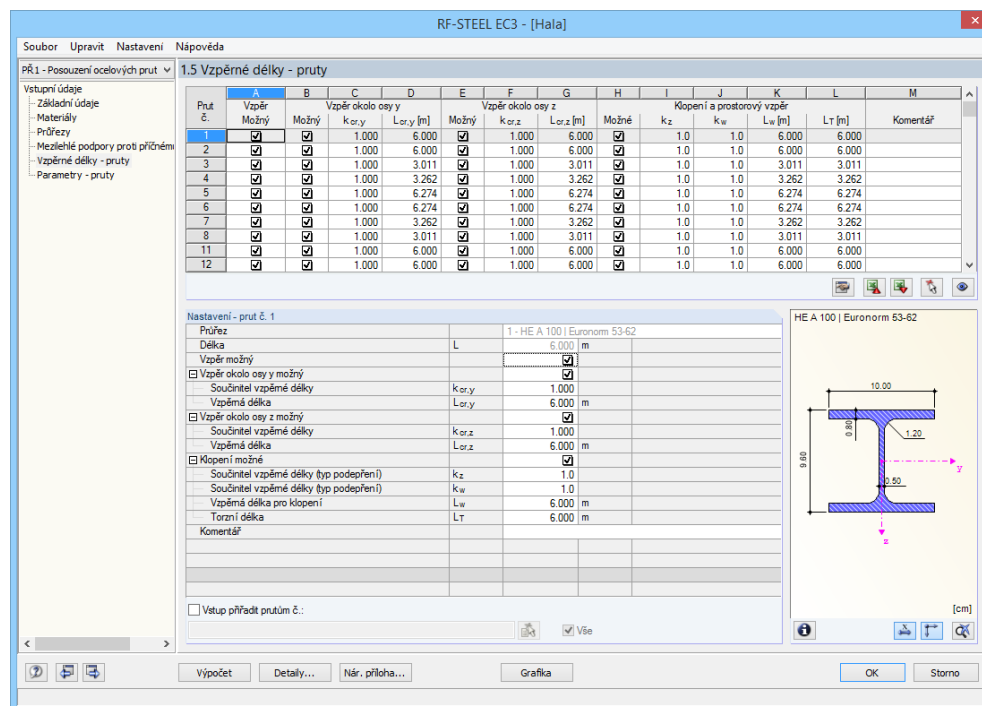
## 2.5 Vzpěrné délky - pruty

Tento dialog je rozdělen do dvou částí. V horní části se nachází souhrnná tabulka s údaji o součinitelích vzpěrné délky pro posuzované pruty a o délce náhradních prutů. Předem nastaveny jsou vzpěrné délky zadané v RFEMu. V sekci *Nastavení* se zobrazí další informace o prutu, který jsme právě vybrali v horní tabulce.



Po kliknutí na tlačítko [↖] můžeme požadovaný prut vybrat v grafickém okně; zobrazíme tak jeho řádek v tabulce.

Upravovat můžeme jak údaje v tabulce tak ve stromové struktuře v sekci *Nastavení*.



Prut č.	A Vzpěr Možný	B Možný	C Vzpěr okolo osy y Kor.y	D Lor.y [m]	E Možný	F Vzpěr okolo osy z Kor.z	G Lor.z [m]	H Možné	I Klopení a prostorový vzpěr kz	J kw	K Lw [m]	L Lt [m]	M Komentář
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.011	3.011	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.262	3.262	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.274	6.274	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.274	6.274	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.262	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.262	3.262	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.011	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.011	3.011	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	

Obr. 2.22: Dialog 1.5 Vzpěrné délky - pruty

Vzpěrné délky prutů pro vybočení okolo slabé osy z se automaticky nastaví v souladu s údaji v dialogu 1.4 *Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí*. Pokud mezilehlé podpory rozdělují prut na různě dlouhé úseky, pak se ve sloupcích G, K a L v tabulce 1.5 nezobrazí žádná hodnota.



V tabulce i v sekci *Nastavení* můžeme vzpěrné délky zadat ručně nebo je můžeme stanovit po kliknutí na tlačítko [...] graficky v pracovním okně. Dané tlačítko se aktivuje, pokud se kurzor myši nachází v příslušném zadávacím políčku (viz obrázek níže).

Ve stromové struktuře *Nastavení* jsou seřazeny následující parametry:

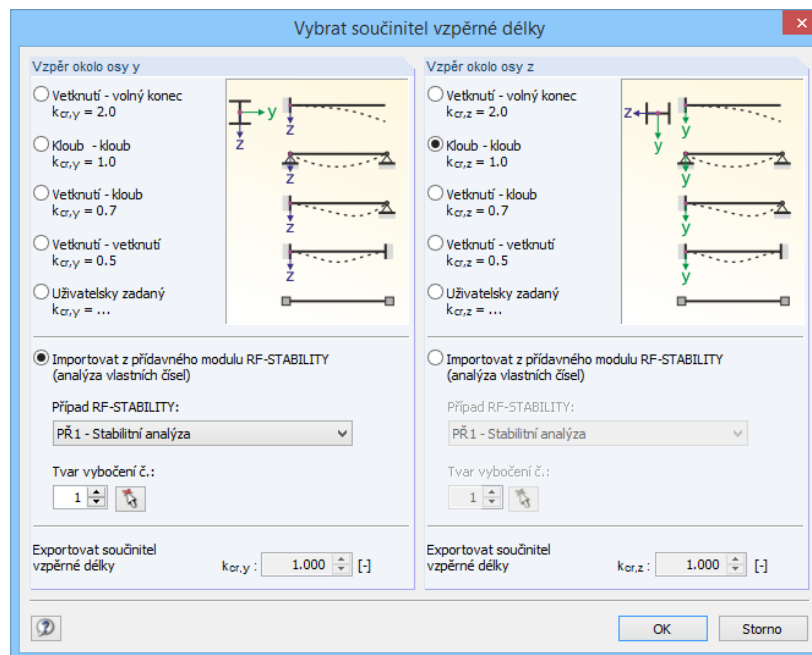
- *Průřez*
- *Délka prutu*
- *Vzpěr možný* či nikoli u daného prutu (odpovídá sloupcům B, E a H v tabulce)
- *Vzpěr okolo osy y* (odpovídá sloupcům C a D)
- *Vzpěr okolo osy z* (odpovídá sloupcům F a G)
- *Klopení* (odpovídá sloupcům I až K)

Můžeme zde stanovit, jestli se má obecně u právě vybraného prutu provést posouzení na vzpěr nebo klopení. Dále může uživatel upravovat součinitele vzpěrné délky pro vybočení a klopení v příslušných směrech. V případě, že se změní některý součinitel vzpěrné délky, délka náhradního prutu se automaticky upraví. Platí to i opačně.





Vzpěrnou délku prutu můžeme stanovit také ve zvláštním dialogu, který otevřeme vlevo znázorněným tlačítkem. Tlačítko se nachází pod tabulkou.



Obr. 2.23: Dialog Vybrat součinitel vzpěrné délky

Pro každý směr lze zvolit některý ze čtyř Eulerových případů vzpěru nebo uživatel může *zadat* součinitel vzpěrné délky ručně. V případě, že máme k dispozici výsledky analýzy vlastních čísel z modulu RF-STABILITY, můžeme zvolit určující *tvar vybočení* ke stanovení daného součinitele.

### Vzpěr možný

Při stabilitním posouzení na vzpěr a klopení se předpokládá, že prut může přenášet tlakové síly. Pruty, které tlakové síly nemohou přenášet, protože například patří k typu tahové pruty, pružná podloží nebo tuhá spojení, jsou v modulu RF-STEEL EC3 již od počátku z posouzení vyloučeny. Příslušné řádky se pak vybarví šedě a ve sloupci *Komentář* se zobrazí příslušná poznámka k danému prutu.

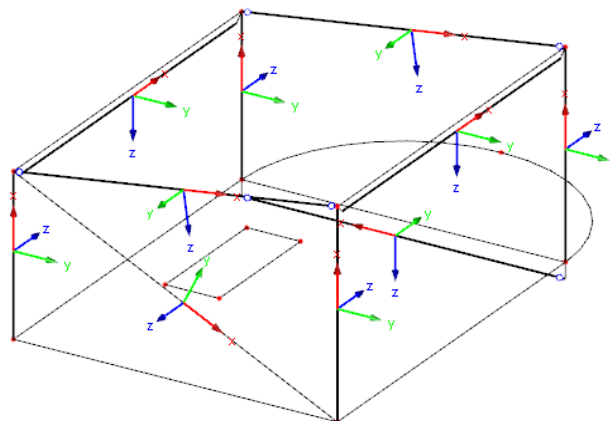
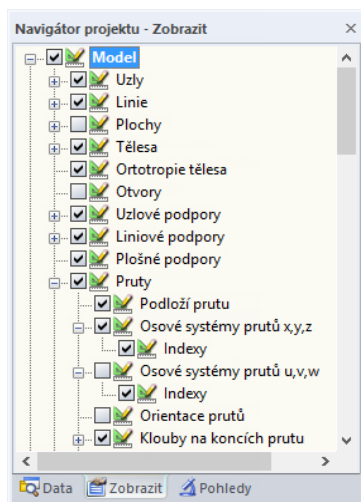
Sloupec *A Vzpěr možný* v tabulce, resp. příslušné zaškrtačací políčko v sekci *Nastavení* nabízí uživateli možnost pro stabilitní analýzu dodatečně klasifikovat pruty jako tlakové nebo je případně z posouzení vyřadit.

### Vzpěr okolo osy y, resp. osy z

Sloupce *Vzpěr možný* uvádějí, zda existuje pro daný prut nebezpečí vybočení okolo osy y a/nebo z. Jedná se přitom o lokální osy prutu: osa y je „hlavní“ a osa z „vedlejší“ osa prutu. Součinitele vzpěrné délky  $k_{cr,y}$  a  $k_{cr,z}$  lze pro vzpěr okolo hlavní i vedlejší osy zvolit libovolně.



Polohu os prutu lze zkontrolovat v dialogu 1.3 *Průřezy* u zobrazení průřezu (viz obr. 2.17, strana 19). Tlačítkem [Skok do grafiky pro změnu zobrazení] můžeme otevřít také pracovní okno RFEMu. V něm můžeme lokální osy prutu zobrazit z místní nabídky prutu nebo z navigátoru *Zobrazit*.



Obr. 2.24: Zobrazení osových systémů prutu v navigátoru *Zobrazit* v RFEMu

Pokud existuje nebezpečí vybočení prutu okolo jedné nebo obou os, lze zadat součinitele vzpěrné délky a vzpěrné délky ve sloupcích C a D, resp. F a G nebo ve stromové struktuře v sekci *Nastavení*.



Pomocí tlačítka [...] na konci vstupních políček pro zadání  $L_{cr}$  lze také vybrat graficky dva body v pracovním okně RFEMu; jejich vzdálenost pak definuje vzpěrnou délku (viz obr. 2.22).

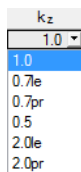
Pokud byl definován součinitel vzpěrné délky  $k_{cr}$ , stanoví se vzpěrná délka  $L_{cr}$  tak, že se délka prutu  $L$  vynásobí součinitelem vzpěrné délky. Zadávací políčka  $k_{cr}$  a  $L_{cr}$  jsou interaktivní.

### Klopení možné

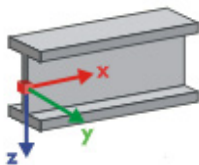
Ve sloupci H může uživatel rozhodnout, které pruty se mají posoudit na klopení.

#### Součinitel vzpěrné délky $k_z$

Pro výpočet  $M_{cr}$  metodou vlastních čísel se vytvoří interní model prutu se čtyřmi stupni volnosti. Ke znázornění stupňů volnosti na podporách interního modelu prutu se používají následující definice  $k_z$  a  $k_w$  (viz strana 27):



- $k_z = 1,0$       odpovídá vidlicovému uložení obou konců nosníku
- $k_z = 0,7le$     odpovídá vetknutí levého a vidlicovému uložení pravého konce
- $k_z = 0,7pr$     odpovídá vetknutí pravého a vidlicovému uložení levého konce
- $k_z = 0,5$       odpovídá vetknutí obou konců nosníku
- $k_z = 2,0le$     odpovídá vetknutí levého konce a volnému pravému konci prutu
- $k_z = 2,0pr$     odpovídá vetknutí pravého konce a volnému levému konci prutu



Zadání os pro  $k_z$  a  $k_w$

Vidlicové uložení s  $k_z = 1,0$  odpovídá pevnému podepření ve směru osy  $y$  a zamezení pootočení okolo osy  $x$  (podélné osy) prutu. V případě vetknutí je kromě výše uvedených omezení stupňů volnosti bráněno pootočení průřezu okolo osy  $z$ . Zkratky *le* a *pr* označují levou a pravou stranu. Zkratka *le* se přitom vztahuje k podmínkám uložení na počátku prutu.

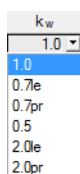
Vzhledem k tomu, že se zadané součinitele  $k_z$  a  $k_w$  vztahují vždy k počátku a konci prutu, je třeba být zvláště pozorný v případě definování mezilehlých podpor. Mezilehlé podpory rozdělují prut pro výpočet na několik částí. V případě konzol by tak vznikly staticky neurčitě díly vidlicově podepřené vždy pouze na jednom konci.

#### Součinitel vzpěrné délky při klopení $k_w$

Součinitelem vzpěrné délky při klopení  $k_w$  se definuje čtvrtý stupeň volnosti na podpoře, který rovněž ovlivňuje výpočet pružného kritického momentu při klopení  $M_{cr}$ . U průřezu je třeba zadat buď volnou deplanaci nebo zamezení deplanace.



Definice je pak podobná jako u součinitele vzpěrné délky  $k_z$  (viz výše), jen s tím rozdílem, že v tomto případě se vetknutím vyjadřuje omezení deplanace. Standardně nastavuje RF-STEEL EC3 délku prutu jako vzpěrnou délku pro klopení. U prvku složeného z několika prutů mezi podporami může být vhodné definovat vzpěrnou délku pro klopení ručně. Použit přitom můžeme také funkci pro grafický výběr [...].



$k_w = 1,0$	odpovídá uložení bez omezení deplanace na obou koncích nosníku
$k_w = 0,7le$	odpovídá vetknutí na levém a vidlicovému uložení na pravém konci
$k_w = 0,7pr$	odpovídá vetknutí na pravém a vidlicovému uložení na levém konci
$k_w = 0,5$	odpovídá uložení s omezením deplanace na obou koncích nosníku
$k_w = 2,0le$	odpovídá vetknutí levého konce a volnému pravému konci prutu
$k_w = 2,0pr$	odpovídá vetknutí na pravém konci a volnému levému konci prutu

Vzhledem k tomu, že potřebujeme interní model prutu pouze se čtyřmi stupni volnosti, není třeba definovat ostatní stupně volnosti (posun ve směru x a z).



Pod sekci *Nastavení* se nachází zaškrťovací pole *Vstup přiřadit prutům č.* Pokud toto pole zaškrtneme, budou následně zadané údaje platit pro vybrané pruty (ručně uvedené nebo vybrané pomocí funkce [↖] v grafickém okně), resp. pro *všechny* pruty. Tato volba je užitečná, pokud chceme několika prutům přiřadit stejné okrajové podmínky. Upozorňujeme ovšem na to, že je třeba tuto funkci aktivovat před zadáním údajů. Pokud nejdříve definujeme údaje a až poté vybereme tuto volbu, data se prutům zpětně nepřijadí.

Za určitých okolností se může stát, že vzpěrná délka při klopení  $L_{w,r}$  resp. kroucení  $L_T$  se liší od délky prutu nebo vzpěrné délky. V takovém případě máme možnost zadat délku  $L_w$  a  $L_T$  ve sloupcích K a L ručně.

### Komentář

V posledním sloupci může uživatel u každého prutu uvést vlastní poznámky, např. vysvětlit zvolené délky náhradního prutu.

## 2.6 Vzpěrné délky - sady prutů

Detaily...

Tento dialog se zobrazí pouze v případě, že jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* vybrali pro posouzení alespoň jednu sadu prutů a v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.2, strana 45) jsme pro stabilitní analýzu sad prutů zvolili *metodu náhradních prutů*. Dialogy 1.7 a 1.8 se v tomto případě nezobrazí. Příčné mezilehlé podpory pak lze definovat dělicími body v dialogu 1.4.

1.6 Vzpěrné délky - sady prutů

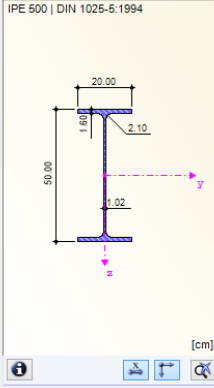
Sada prutů č.	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M
	Vzpěr Možný	Možný	Vzpěr okolo osy y k <sub>cr,y</sub>	Možný	L <sub>cr,y</sub> [m]	Možný	Vzpěr okolo osy z k <sub>cr,z</sub>	Možný	L <sub>cr,z</sub> [m]	Možné	k <sub>z</sub>	Klopení a prostorový vzpěr k <sub>w</sub>	L <sub>w</sub> [m]	L <sub>T</sub> [m]	Komentář										
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	37.096	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	37.096	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	37.096	37.096											
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	37.096	<input type="checkbox"/>	1.000	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0													
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	37.096	<input type="checkbox"/>	1.000	<input type="checkbox"/>	37.096	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	37.096	37.096											
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.091	<input checked="" type="checkbox"/>	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.091	<input checked="" type="checkbox"/>	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.546	6.546											
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0													

Nastavení - sada prutů č. 4

Sled prutů		Sled prutů 4	
Délka	L	6.000	m
Vzpěr možný		<input checked="" type="checkbox"/>	
Vzpěr okolo osy y možný		<input checked="" type="checkbox"/>	
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>cr,y</sub>	1.091	
Vzpěrná délka	L <sub>cr,y</sub>	6.546	m
Vzpěr okolo osy z možný		<input checked="" type="checkbox"/>	
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>cr,z</sub>	1.091	
Vzpěrná délka	L <sub>cr,z</sub>	6.546	m
Klopení možný		<input checked="" type="checkbox"/>	
Součinitel vzpěrné délky (typ podepření)	k <sub>z</sub>	1.0	
Součinitel vzpěrné délky (typ podepření)	k <sub>w</sub>	1.0	
Vzpěrná délka pro klopení	L <sub>w</sub>	6.546	m
Torzní délka	L <sub>T</sub>	6.546	m
Komentář			

Vstup přiřadí sadám č.:   Vše

IPe 500 | DIN 1025-5:1994



Obr. 2.25: Dialog 1.6 Vzpěrné délky - sady prutů

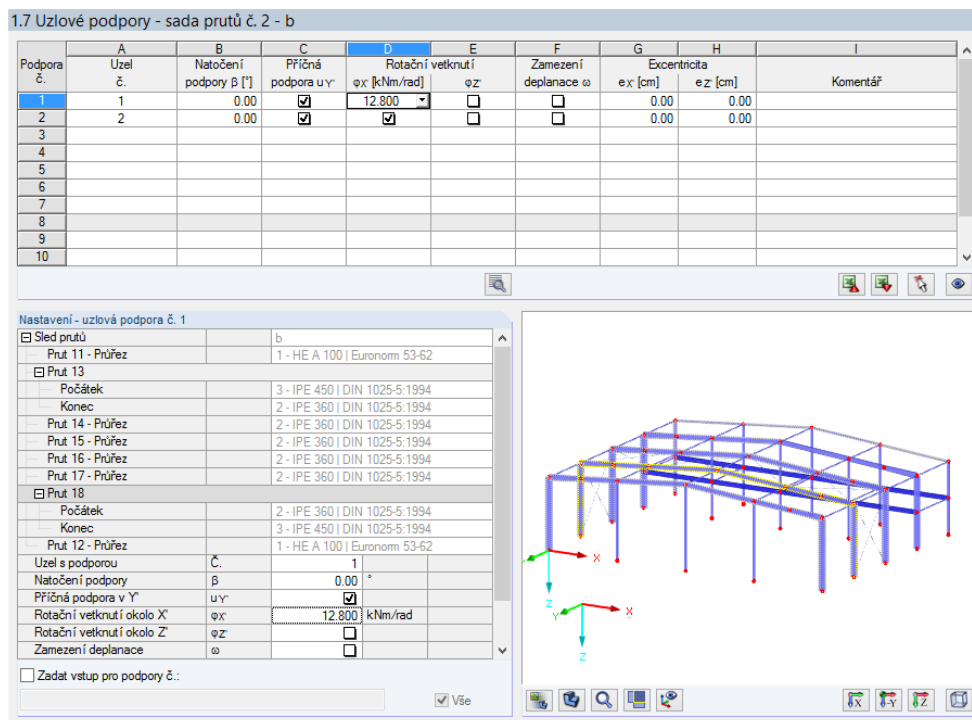
Tento dialog je uspořádán stejně jako předchozí dialog 1.5 *Vzpěrné délky - pruty*. Můžeme v něm zadat vzpěrné délky pro vybočení okolo obou hlavních os sady prutů tak, jak popisujeme v kapitole 2.5.

## 2.7 Uzlové podpory – sady prutů

Také tento dialog máme k dispozici pouze v případě, že jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* vybrali k posouzení alespoň jednu sadu prutů.

Detaily...

Posouzení stability sad prutů se v modulu RF-STEEL EC3 provádí obvykle podle [1], článku 6.3.4. Dialog 1.7 se ovšem nezobrazí, pokud pro posouzení sad prutů zvolíme v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.2, strana 45) *metodu náhradních prutů*. Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí pak lze definovat dělicími body v dialogu 1.4.

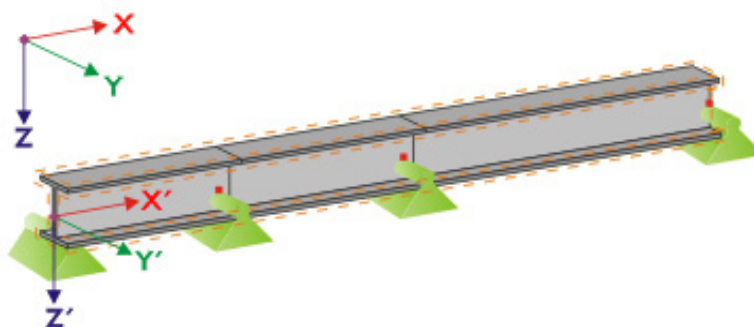


Obr. 2.26: Dialog 1.7 *Uzlové podpory – sady prutů*



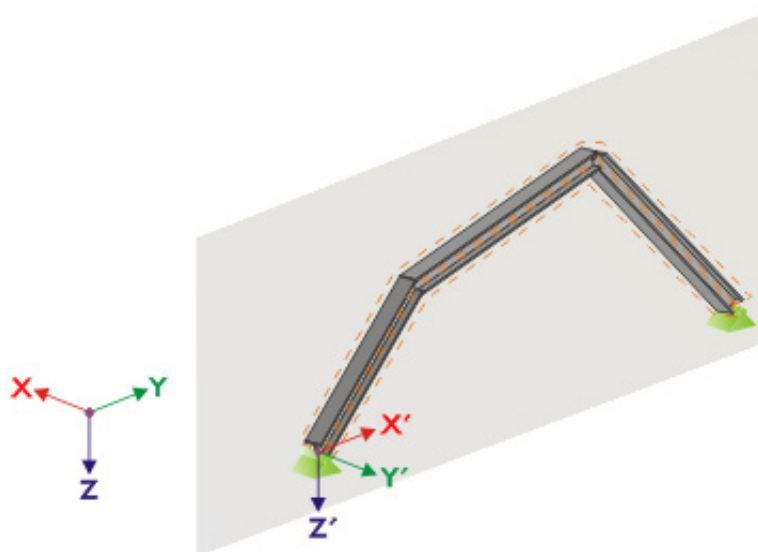
Podle [1], článku 6.3.4 (1) lze posuzovat pouze jednoose symetrické průřezy namáhané tlakem a/nebo ohybem v rovině. Při tomto posouzení je třeba znát hodnotu násobitele  $\alpha_{cr,op}$  pro celou sadu prutů. K určení této hodnoty se vytvoří rovinná prutová konstrukce se čtyřmi stupni volnosti na uzel, které je třeba stanovit v dialogu 1.7. Údaje v tabulce se vztahují k aktuální sadě prutů (vybrané vlevo v navigátoru).

Při zadání uzlových podpor je důležitá orientace os sady prutů. Program zkontroluje polohu uzlů a interně stanoví osový systém pro uzlové podpory, které se zadávají v dialogu 1.7 (viz obr. 2.27 až obr. 2.30).



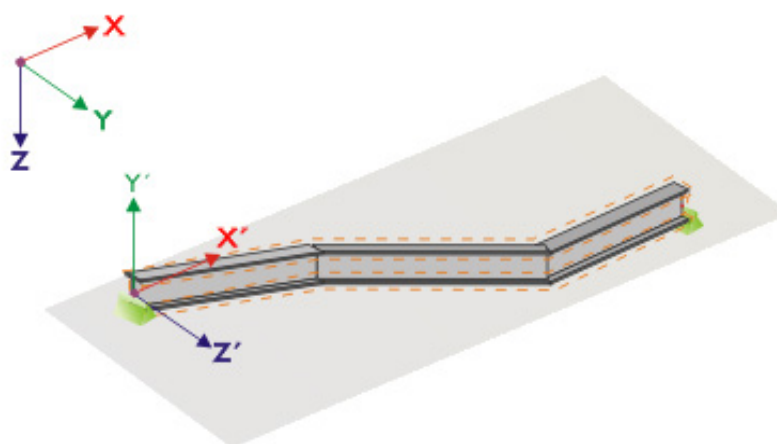
Obr. 2.27: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory – sada prutů na linii

Pokud všechny pruty ze sady prutů leží na linii stejně jako na obr. 2.27, odpovídá lokální souřadný systém prvního prutu v sadě náhradnímu souřadnému systému sady prutů.



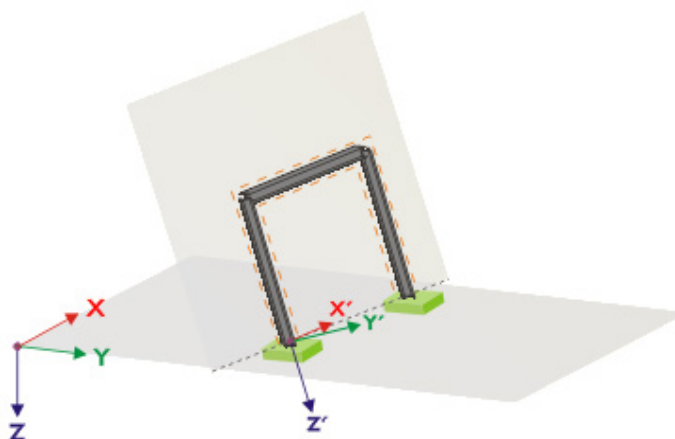
Obr. 2.28: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory – sada prutů ve svislé rovině

I když pruty ze sady prutů neleží na linii, musí stále ležet v jedné rovině. Na obr. 2.28 se jedná o svislou rovinu. V tomto případě je osa  $X'$  vodorovná a vede ve směru roviny. Osa  $Y'$  je také vodorovná a svírá s osou  $X'$  pravý úhel. Osa  $Z'$  směřuje svisle dolů.



Obr. 2.29: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory – sada prutů v horizontální rovině

Pokud pruty vybočené sady prutů leží v horizontální rovině, je osa  $X'$  rovnoběžná s osou  $X$  globálního souřadného systému. Osa  $Y'$  pak míří opačným směrem než globální osa  $Z$ . Osa  $Z'$  je rovnoběžná s osou  $Y$  globálního souřadného systému.



Obr. 2.30: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory – sada prutů v šikmé rovině

Na obr. 2.30 je znázorněn obecný případ vybočené sady prutů: pruty tu neleží na jedné linii, ale nacházejí se v jedné šikmé rovině. Osu  $X'$  pak určuje průsečnice mezi šikmou a horizontální rovinou. Osa  $Y'$  svírá s osou  $X'$  pravý úhel a je kolmá na šikmou rovinu. Osa  $Z'$  svírá pravý úhel s osou  $X'$  i  $Y'$ .

## 2.8 Klouby na koncích prutu - sady prutů

Také tento dialog máme k dispozici pouze v případě, že jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* vybrali k posouzení alespoň jednu sadu prutů. Pokud některý prut v dané sadě prutů nemůže v důsledku svého připojení přenášet vnitřní síly odpovídající stupňům volnosti omezeným v dialogu 1.7, pak může uživatel v dialogu 1.8 u něj zadat uzlové klouby. Údaje v tabulce se vztahují k aktuální sadě prutů (vybrané vlevo v navigátoru).

Detaily...

Dialog 1.8 se ovšem nezobrazí, pokud pro posouzení sad prutů zvolíme v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.2, strana 45) *metodu náhradních prutů*. Příčné mezilehlé podpory pak lze definovat dělicími body v dialogu 1.4.

1.8 Klouby na koncích prutu - sada prutů č. 1 - 1

Kloub č.	A Prut č.	B Strana prutu	C Příčný kloub $V_y$	D Momentový kloub $M_T$	E $M_z$ [kNm/rad]	F Deplance $M_{\omega}$	G
1	15	Počátek	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Komentář
2	13	Konec	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	15.000	<input type="checkbox"/>	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

Nastavení - prut č. 13

- Sled prutů: 1
- Prut 1 - Průřez: 1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- Prut 3:
  - Počátek: 3 - IPE 450 | DIN 1025-5:1994
  - Konec: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
  - Prut 4 - Průřez: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
  - Prut 5 - Průřez: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
  - Prut 6 - Průřez: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
  - Prut 7 - Průřez: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
- Prut 8:
  - Počátek: 2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
  - Konec: 3 - IPE 450 | DIN 1025-5:1994
  - Prut 2 - Průřez: 1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- Prut s koncovým kloubem: č. 13
- Strana prutu: Strana Konec
- Smykový kloub ve směru y:  $V_y$
- Torzní kloub:  $M_T$
- Momentový kloub okolo osy z:  $M_z$  15.000 kNm/rad
- Deplanační kloub:  $M_{\omega}$

Zadat vstup pro kloub č.:  Vše

Obr. 2.31: Dialog 1.8 Klouby na koncích prutu – sady prutů

Strana prutu
Počátek ▾
Počátek
Konec
Obojí

Ve sloupci B se stanoví, na které *straně prutu* má kloub působit, nebo můžeme kloub umístit na obou stranách.

Ve sloupcích C až F pak můžeme zadat klouby nebo konstanty tuhosti v souladu s podporovými podmínkami, které jsme definovali v dialogu 1.7.



## 2.9 Údaje pro posouzení použitelnosti

Tento dialog nabízí různé možnosti pro posouzení mezního stavu použitelnosti. K dispozici ho máme pouze v případě, že jsme v záložce *Mezní stav použitelnosti* dialogu 1.1 zadali příslušné údaje (viz kapitola 2.1.2, strana 11).

C.	A	B	C		D	E	F	G	H
	Vztáhnout na	Sada prutů č.	Ručně	Vzt. délka L [m]	Směr	Nadvýšení $w_c$ [mm]	Typ nosníku	Komentář	
1	Sada prutů	2	<input type="checkbox"/>	37.096	y, z	0.0	Nosník		
2	Sada prutů	5	<input type="checkbox"/>	6.000	y, z	0.0	Nosník		
3	Prut	81	<input type="checkbox"/>	6.546	y, z	0.0	Nosník		
4	Prut	82	<input checked="" type="checkbox"/>	7.094	y, z	0.0	Konzola volná na konci		
5	Prut	83	<input checked="" type="checkbox"/>	6.546	y, z	0.0	Konzola volná na konci		
6	Prut	15	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Nosník		
7	Prut	16	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Nosník		
8	Prut	25	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Nosník		
9	Prut	26	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Nosník		
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Obr. 2.32: Dialog 1.9 Údaje pro posouzení použitelnosti

Ve sloupci A lze deformaci vztáhnout na jednotlivé pruty anebo seznamy či sady prutů.

Ve sloupci B vyplníme čísla posuzovaných prutů nebo sad prutů, příp. je můžeme vybrat po kliknutí na tlačítko [...] graficky v pracovním okně RFEMu. Odpovídající *vztažná délka* se pak vyplní automaticky ve sloupci D. Jedná se přitom o délku vybraných prutů, resp. sad či seznamů prutů. V případě potřeby lze dané hodnoty upravit, pokud zaškrtneme políčko *Ručně* ve sloupci C.

Ve sloupci E uvedeme rozhodující *směr* pro posouzení deformace. Vybrat lze směry lokálních os prutu y a z (resp. u nesymetrických profilů u a v).

Ve sloupci F lze zohlednit *nadvýšení*  $w_c$ .

Pro správné stanovení mezních deformací má rozhodující význam *typ nosníku*. Ve sloupci G můžeme vybrat buď nosník nebo konzolu. V případě konzoly určíme, který konec nebude podepřen.

V záložce *Použitelnost* dialogu *Detaily* máme možnost stanovit, zda budou deformace vztaženy na výchozí nedeformovanou konstrukci nebo na posunutý konec prutů, resp. sady prutů (viz obr. 3.3, strana 47).

Vztáhnout na

Prut

Prut

Sada prutů



Směr

y, z

y

z

y, z

Typ nosníku

Nosník

Nosník

Konzola volná na zač.

Konzola volná na konci

Detaily...

## 2.10 Požární odolnost - pruty

V posledním vstupním dialogu se zadávají parametry pro posouzení požární odolnosti. Máme ho k dispozici pouze v případě, že jsme v záložce *Požární odolnost* dialogu 1.1 zadali příslušné údaje (viz kapitola 2.1.3, strana 12).

1.10 Požární odolnost - pruty

Č.	A Pruty č.	B Vystavení ohni	C Požární ochrana	D Typ ochrany	E Objem. hm. $\rho_p$ [kg/m <sup>3</sup> ]	F Tepečná vodivost $\lambda_p$ [W/m*K]	G Měrné teplo $c_p$ [J/(kg*K)]	H Tloušťka $d_p$ [mm]	I Komentář
1	64	Všechny strany	<input type="checkbox"/>	Podél celého	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	81-83	3 strany	<input checked="" type="checkbox"/>	Podél celého	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	39,59,60,109	3 strany	<input checked="" type="checkbox"/>	Truhlíkové	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4	1,11	Všechny strany	<input type="checkbox"/>	Podél celého	300.00	0.12	1200.00	10.00	
5	21,31	Všechny strany	<input checked="" type="checkbox"/>	Podél celého	300.00	0.12	1200.00	10.00	
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Obr. 2.33: Dialog 1.10 Požární odolnost - pruty

Vystavení ohni  
  
  
  
 Typ ochrany

Ve sloupci A vyplníme čísla prutů, které se mají posoudit na požární odolnost. Tlačítko [...] na konci vstupních políček umožňuje vybrat příslušné pruty graficky v pracovním okně RFEMu.

Ve sloupci B uvedeme počet stran průřezu vystavených ohni. Údaj v tomto sloupci je důležitý pro výpočet součinitelů průřezu podle [2], tabulky 4.2 a tabulky 4.3.

Pokud je průřez ošetřen nátěrem nebo obložen, uvedeme příslušný *typ ochrany* ve sloupci D. Vybrat můžeme ošetření buď podél celého povrchu, uzpůsobené geometrii průřezu (například ochranný nátěr či desky) nebo truhlíkový typ ochrany. Potřebné parametry pak vyplníme ve sloupcích E až H.

Obecné parametry pro posouzení požární odolnosti se zadávají v záložce *Požární odolnost* dialogu *Detaily* (viz obr. 3.4, strana 48).

## 2.11 Parametry - pruty

Tento dialog slouží k zadání zvláštních údajů k nosníkům, které jsou bočně podepřeny plechy nebo vaznicemi (viz [3], čl. 10.1 a 10.3).

Horní sekce obsahuje seznam posuzovaných prutů s parametry důležitými pro posouzení na klopení. Parametry jsou interaktivní s údaji v sekci *Nastavení*.

Vpravo vedle sekce *Nastavení* se jednotlivé možnosti a údaje zobrazí názorně v grafickém okně, a usnadňují tak zadání okrajových podmínek. Zobrazí se přitom vždy právě vybraný parametr.

1.12 Parametry - pruty

Prut č.	A Smykové pole	B Torzní uložení	C Plocha průřezu	D Komentář
7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
37	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
57	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
67	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
99	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
104	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

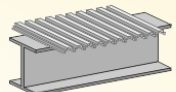
  

Nastavení - prut č. 37

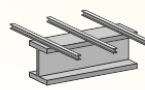
Průřez	10 - HE A 140   DIN 1025-3:1994
<input type="checkbox"/> Smykové pole	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ smykového pole	Trapézový plech
Délka smyk. pole	l <sub>s</sub> 20.000 m
Vzdálenost nosníků	s 5.000 m
Poloha na profilu	Na horní pásnici
<input type="checkbox"/> Označení trapézového plechu	FI + 100/275 - 1.00
Druh uchycení	Každé žebro
<input type="checkbox"/> Torzní uložení	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ torzního uložení	Kontinuální (např. trapézový plech)
<input type="checkbox"/> Materiály	Ocel S 235
Modul pružnosti	E 21000.00   kN/cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Označení dílce	FI + 100/275 - 1.00
Tloušťka trapézového plechu	t 1.000 mm
Poloha trapézového plechu	Kladná poloha
Moment setrvačnosti	I <sub>s</sub> 198.00   cm <sup>4</sup> /m
Vzdálenost žebér profilového plechu	b <sub>R</sub> 27.50 cm
Šířka pásu profilového plechu	b <sub>T</sub> 3.96 cm
<input type="checkbox"/> Metoda stanovení C <sub>D,A</sub>	Podle EN 1993-1-3, tab. 10.3

Vstup přiřadit prutům č.:  Vše

Spojité rotační vetknutí



Nespojité rotační vetknutí



Obr. 2.34: Dialog 1.11 *Parametry - pruty*



Pod sekci *Nastavení* se nachází zaškrťovací pole *Vstup přiřadit prutům č.* Pokud toto pole zaškrtneme, budou následně zadané údaje platit pro vybrané pruty (ručně uvedené nebo vybrané pomocí funkce [↵] v grafickém okně), resp. pro *všechny* pruty. Tato volba je užitečná, pokud chceme několika prutům přiřadit stejné okrajové podmínky.

Ve sloupci *Komentář* může uživatel u každého prutu uvést vlastní poznámky, např. vysvětlit parametry důležité pro prostorový vzpěr prutu.

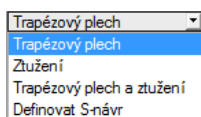
### Průřez

Pro informaci se v tomto poli uvádí označení průřezu. V případě prutu s náběhy se zobrazí označení průřezu na počátku i konci prutu.

## Smykové pole

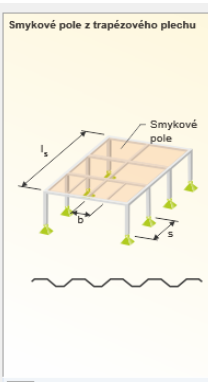
Pokud chceme zadat parametry ke smykovému poli, je třeba zaškrtnout políčko ve sloupci A v tabulce nebo v sekci *Nastavení*.

Typ smykového pole můžeme vybrat ze seznamu nebo pomocí grafického znázornění vpravo vedle sekce *Nastavení*.



Nastavení - prut č. 37		10 - HE A 140   DIN 1025-3:1994
Průřez		
<input type="checkbox"/> Smykové pole		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ smykového pole		Trapézový plech
Délka smyk. pole	$l_s$	20.000 m
Vzdálenost nosníků	$s$	5.000 m
Poloha na profilu		Na horní pásnici
<input type="checkbox"/> Označení trapézového plechu		$FI + 100/275 - 1,00$
Hodnota smyk. pole	$K_1$	0.190 m/kN
Hodnota smyk. pole	$K_2$	16.560 m <sup>2</sup> /kN
Druh uchycení		Každé žebro
<input type="checkbox"/> Torzní uložení		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ torzního uložení		Kontinuálně (např. trapézový plech)
Plocha průřezu pro posouzení napětí		<input type="checkbox"/>
Komentář		
<input type="checkbox"/> Vstup přiřadit prutům č.:		
<input checked="" type="checkbox"/> Vše		

Smykové pole z trapézového plechu



Obr. 2.35: Výběr typu smykového pole

## Trapézový plech

Použití spojitého bočního podepření se řídí normou EN 1993-1-1 [1], přílohou BB.2.1 a normou EN 1993-1-3 [3], článkem 10.1.5.1.

Pro výpočet tuhosti smykového pole trapézového profilu je třeba zadat následující údaje (viz obr. 2.35):

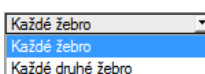
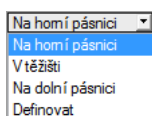
- Délka smykového pole  $l_s$
- Vzdálenost nosníků  $s$
- Poloha trapézového plechu na profilu
- Označení trapézového plechu
- Druh uchycení

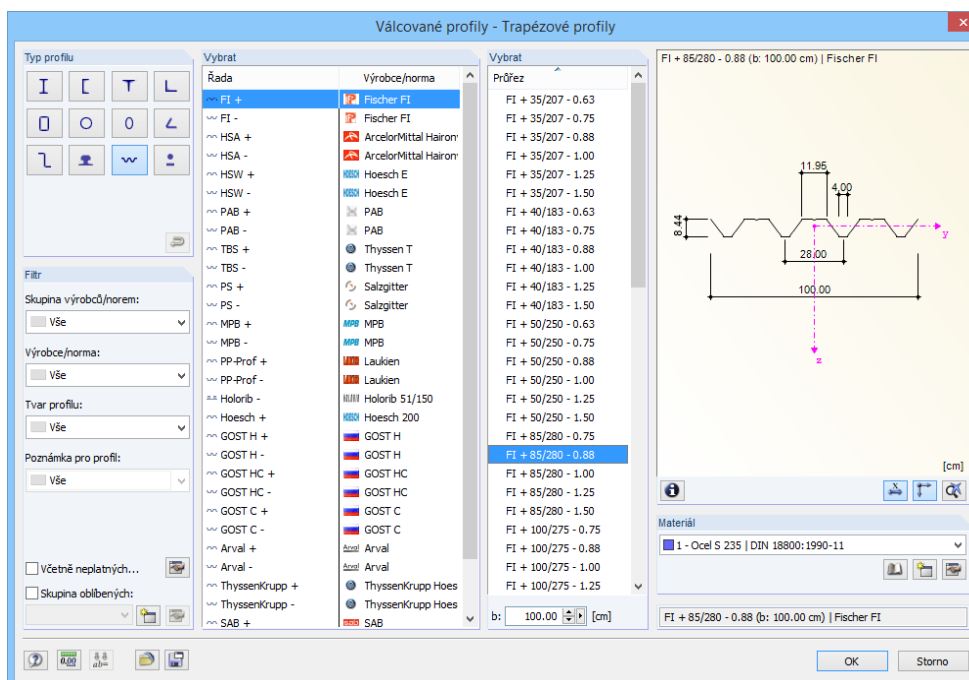
Délku smykového pole a vzdálenost nosníků můžeme stanovit ručně nebo pomocí funkce [...] graficky v pracovním okně RFEMu. Toto tlačítko se aktivuje, pokud se kurzor myši nachází v některém z těchto dvou zadávacích políček. Následně můžeme v uživatelském prostředí RFEMu vybrat dva body, které budou určovat smykové pole nebo vzdálenost nosníků.

Pro stanovení polohy trapézového plechu na profilu můžeme použít vlevo znázorněný seznam, který nám nabízí několik možností. Zvolený bod kroucení  $D$  se vyznačí v obrázku průřezu ( $i$  v případě zadání uživatelem). Vzdálenost  $d$  se přitom vztahuje k těžišti, znaménko se řídí osou z průřezu.

Databázi trapézových profilů můžeme otevřít tlačítkem [...], které se nám zpřístupní, jakmile myši klikneme do vstupního políčka *Označení trapézového plechu* (viz obr. 2.38, strana 38). Otevře se databáze průřezů hlavního programu RFEM (viz obr. 2.36), v níž můžeme požadovaný trapézový plech vybrat dvojitým kliknutím nebo tlačítkem [OK]. Hodnota smykového pole  $K_1$  a  $K_2$  se pak v sekci *Nastavení* vyplní automaticky. Základní šířka  $b$  trapézového plechu uvedená v databázi profilů nemá na tyto hodnoty vliv.

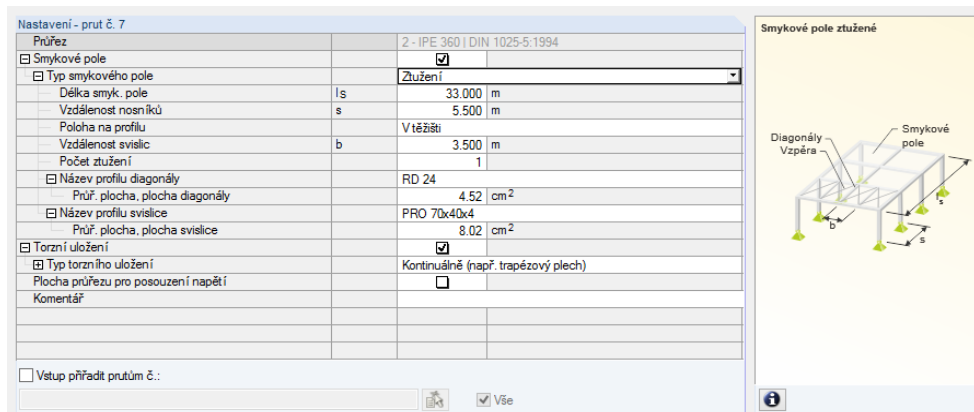
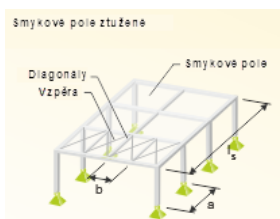
Druh uchycení trapézového plechu také ovlivňuje smykovou tuhost nosníku, ke které plech přispívá. Pokud je trapézový plech upevněn pouze na každém druhém žebro, snižuje se uvažovaná smyková tuhost součinitelem 5.





Obr. 2.36: Databáze průřezů *Válcované profily - Trapézové profily*

### Ztužení



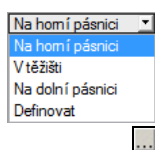
Obr. 2.37: Typ smykového pole *Ztužení*

Pro výpočet tuhosti smykového pole je potřeba zadat následující údaje:

- Délka smykového pole  $l_s$
- Vzdálenost nosníků  $s$
- Poloha ztužení na profilu
- Vzdálenost svslíc  $b$
- Počet ztužení
- Profil diagonál
- Profil svslíc



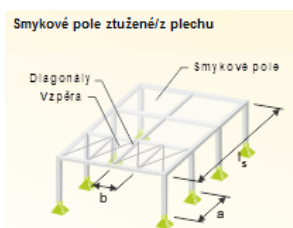
*Délku smykového pole, vzdálenost nosníků a vzdálenost svslíc* můžeme stanovit ručně nebo pomocí funkce [...] graficky v pracovním okně RFEMu. Toto tlačítko se aktivuje, pokud se kurzor myši nachází v některém z těchto zadávacích políček. Následně můžeme v uživatelském prostředí RFEMu vybrat dva body, které budou určovat smykové pole nebo příslušné vzdálenosti.



Pro stanovení *polohy* ztužení *na profilu* můžeme použít vlevo znázorněný seznam, který nám nabízí několik možností. Zvolený bod kroucení  $D$  se vyznačí v obrázku průřezu (i v případě zadání uživatelem). Vzdálenost  $d$  se přitom vztahuje k těžišti, znaménko se řídí osou z průřezu.

Průřezovou plochu diagonál a svslíc můžeme nejnázvem určit tak, že vybereme *název profilu* z databáze hlavního programu RFEM. Databázi lze otevřít tlačítkem [...] na konci vstupního políčka. *Průřezová plocha* se přitom převezme automaticky. Příslušnou hodnotu můžeme ovšem vyplnit také přímo.

### Trapézový plech a ztužení



Nastavení - prut č. 7		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	
Průřez		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	
Smykové pole		<input checked="" type="checkbox"/>	Trapézový plech a ztužení
<input type="checkbox"/> Typ smykového pole		Trapézový plech a ztužení	
Délka smyk. pole	$l_s$	33.000	m
Vzdálenost nosníků	$s$	5.500	m
Poloha na profilu		Na dolní pásnici	
<input type="checkbox"/> Označení trapézového plechu		FI + 85/280 - 1.00	
Hodnota smyk. pole	$K_1$	0.170	m/kN
Hodnota smyk. pole	$K_2$	8.710	m <sup>2</sup> /kN
Druh uchycení		Každé žebro	
Vzdálenost svslíc	$b$	3.500	m
Počet ztužení		1	
<input type="checkbox"/> Název profilu diagonály		RD 24	
Průř. plocha, plocha diagonály		4.52	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Název profilu svslíce		PRO 70x40x4	
Průř. plocha, plocha svslíce		8.02	cm <sup>2</sup>
Torzní uložení		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Typ torzního uložení		Kontinuálně (např. trapézový plech)	
Vstup přiřadit prutům č.:			

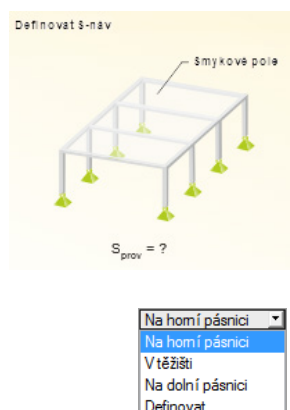
Obr. 2.38: Typ smykového pole *Trapézový plech a ztužení*

Pro výpočet tuhosti smykového pole při použití trapézového plechu a ztužení je potřeba zadat následující údaje:

- Délka smykového pole  $l_s$
- Vzdálenost nosníků  $s$
- Poloha smykového pole na profilu
- Označení trapézového plechu
- Druh uchycení
- Vzdálenost svslíc  $b$
- Počet ztužení
- Profil diagonál
- Profil svslíc

Při zadání tohoto typu smykového pole se slučují parametry výše popsaných možností *Trapézový plech a Ztužení*.

### Definovat $S_{náv}$



Nastavení - prut č. 7		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	
Průřez		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	
<input checked="" type="checkbox"/> Smykové pole		<input checked="" type="checkbox"/>	Definovat $S_{náv}$
<input type="checkbox"/> Typ smykového pole		Definovat $S_{náv}$	
Poloha na profilu		V těžišti	
Smyková tuhost	$S_{náv}$	24037.00	kN
<input checked="" type="checkbox"/> Torzní uložení		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Typ torzního uložení		Kontinuálně (např. trapézový plech)	
Plocha průřezu pro posouzení napětí		<input type="checkbox"/>	

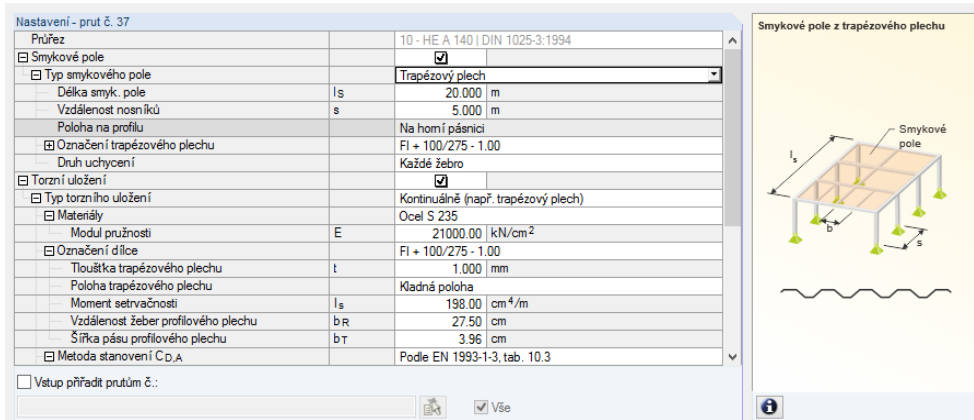
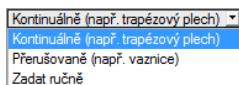
Obr. 2.39: Tuhost smykového pole typu *Definovat  $S_{náv}$*

Hodnotu *smykové tuhosti*  $S_{náv}$  můžeme zadat také přímo. Dále je pak třeba určit *polohu* smykového pole *na profilu*.

## Torzní uložení

Pokud chceme zadat parametry torzního uložení, je třeba zaškrtnout políčko ve sloupci B v tabulce nebo v sekci *Nastavení*.

Typ torzního uložení můžeme vybrat ze seznamu nebo pomocí grafického znázornění vpravo vedle sekce *Nastavení*.



Obr. 2.40: Výběr typu torzního uložení

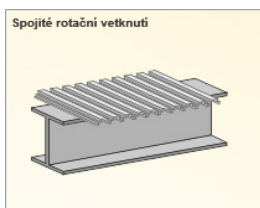
## Kontinuální torzní uložení

Pro výpočet tuhostních příspěvků trapézového profilu a deformace přípoje je třeba zadat následující údaje (viz obr. 2.40):

- Materiál a označení trapézového plechu
- Metoda stanovení  $C_{D,A}$
- vzdálenost nosníků  $s$
- Efekt průběžného nosníku

Databázi trapézových profilů můžeme otevřít tlačítkem [...], které se nám zpřístupní, jakmile myší klikneme do vstupního políčka *Označení dílce*. Otevře se databáze průřezů hlavního programu RFEM (viz obr. 2.36, strana 37), v níž můžeme požadovaný trapézový plech vybrat dvojitým kliknutím nebo tlačítkem [OK]. Parametry profilu *tloušťka trapézového plechu*  $t$ , *poloha trapézového plechu*, *moment setrvačnosti*  $I_s$  pro zatížení směrem dolů, *vzdálenost žebér*  $b_R$  a *šířka pásu*  $b_T$  *profilového plechu* se převezmou automaticky.

V případě spojitého torzního uložení je třeba zohlednit také deformaci přípoje. V případě *metody stanovení*  $C_{D,A}$  můžeme torzní tuhost  $C_{100}$  určit pro jednotlivé zatěžovací stavy a kombinace ručně nebo ji může stanovit program podle [3], tabulky 10.3. Pro automatické určení hodnoty je třeba použít tlačítko [...], které se nám zobrazí, jakmile klikneme do vstupního políčka v řádce  $C_{100}$ . Otevřeme jím dialog, v kterém lze vybrat příslušný součinitel (viz následující obrázek).




Import součinitele  $C_{100}$  z tabulky 10.3, EN 1993-1-3

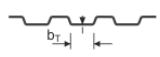
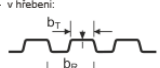
Umístění trapézového plechu		Plech připevněn		Umístění trapézového plechu		Průměr podložky [mm]	$C_{100}$ [kNm/m]	$b_{T,max}$ [mm]
Positivní 1)	Negativní 1)	V úžlabí	V hřebeni	$e=b_R$	$e=2b_R$			
Pro úhlové zatížení:								
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		22	5,2	40
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	3,1	40
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	$K_a$	10,0	40
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	$K_a$	5,2	40
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	3,1	120
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	2,0	120
Pro vztákové zatížení:								
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		16	2,6	40
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	16	1,7	40

Poznámka: Vyberte myši požadovaný řádek v tabulce a importujte součinitel kliknutím na [OK].

Legenda:  
 $b_R$  je šířka žebra  
 $b_T$  šířka pásnice plechu připojené k vaznici.

$K_a$  značí sedlovou podložku (vyobrazeno dole) z oceli s tloušťkou  $t \geq 0,75$  mm



Plech připevněn:  
 - v úžlabí:  
  
 - v hřebeni:  


Hodnoty z tabulky platí pro:  
 - šrouby pro připoj plechu o průměru:  $\varnothing = 0,3$  mm;  
 - ocelové podložky o tloušťce:  $t_w \geq 1,0$  mm;  
 - plech s nominální tloušťkou jádra:  $t \geq 0,66$  mm;

1) Umístění trapézového plechu je pozitivní, je-li úzká pásnice u vaznice, a negativní, je-li široká pásnice u vaznice.

$C_{100}$   
5,2 [kNm/m]

OK Storno

Obr. 2.41: Dialog Import součinitele  $C_{100}$  z tabulky 10, EN 1993-1-3

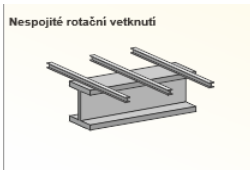
Po kliknutí na tlačítko [OK] se vybraná hodnota přiřadí všem posuzovaným zatěžovacím stavům a kombinacím. Pokud chceme hodnotu přiřadit pouze některému zatěžovacímu stavu, je třeba dialog *Import součinitele* otevřít z políčka pro zadání hodnoty  $C_{100}$  u konkrétního zatěžovacího stavu.

*Vzdálenost nosníků* lze rovněž zadat ručně nebo po kliknutí na tlačítko [...] graficky v pracovním okně RFEMu, kdy stanovíme dva body, kterými bude vzdálenost nosníků určena.

*Efekt průběžného nosníku* se odráží na hodnotě součinitele  $k$  torzního uložení  $C_{D,C}$ . Můžeme ho vybrat ze seznamu v daném řádku (*vnější pole*:  $k = 2$ , *vnitřní pole*:  $k = 4$ ).

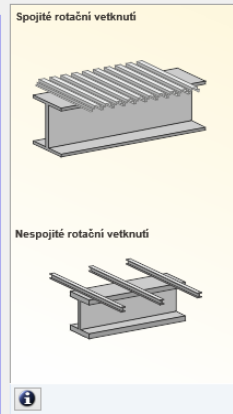
Vnější pole  
 Vnější pole  
 Vnitřní pole





### Přerušované torzní uložení

Nastavení - prut č. 11		
Průřez		1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994
Smykové pole		<input type="checkbox"/>
Torzní uložení		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ torzního uložení		Přerušované (např. vaznice)
<input type="checkbox"/> Materiály		Ocel S 235   DIN 18800:1990-11
Modul pružnosti	E	21000.00   kN/cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Označení profilu		
<input type="checkbox"/> Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub>	1317.00   cm <sup>4</sup>
Vzdálenost vaznic	e	3.250   m
Vzdálenost nosníků	s	5.200   m
<input type="checkbox"/> Efekt průběžného nosníku		Vnější pole
<input type="checkbox"/> Rotační tuhost	C <sub>D,A</sub>	Nekonečně
<input type="checkbox"/> Deformace průřezu	C <sub>D,B</sub>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plocha průřezu pro posouzení napětí		<input type="checkbox"/>
Komentář		
<input type="checkbox"/> Vstup přiřadit prutům č.:		
<input checked="" type="checkbox"/> Vše		



Obr. 2.42: Typ torzního uložení *Přerušované*

Pro výpočet tuhostního příspěvku jednotlivých podpor, jako například vaznic, je třeba zadat následující údaje:

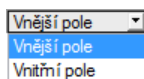
- Materiál a označení profilu
- vzdálenost vaznic  $e$
- vzdálenost nosníků  $s$
- Efekt průběžného nosníku



*Materiál a označení profilu* můžeme po kliknutí na tlačítko [...] vybrat z databáze RFEMu. Nejdříve je třeba aktivovat kliknutím myši příslušné vstupní políčko.



*Vzdálenost vaznic a vzdálenost nosníků* můžeme zadat ručně nebo po kliknutí na tlačítko [...] graficky v pracovním okně RFEMu, kdy stanovíme dva body, kterými bude vzdálenost vaznic, resp. nosníků určena.



*Efekt průběžného nosníku* se odráží na hodnotě součinitele  $k$  torzního uložení  $C_{D,C}$ . Můžeme ho vybrat ze seznamu v daném řádku (*vnější pole*:  $k = 2$ , *vnitřní pole*:  $k = 4$ ).

### Plocha průřezu

Nastavení - prut č. 26		
Průřez		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994
Smykové pole		<input type="checkbox"/>
Torzní uložení		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Plocha průřezu pro posouzení napětí		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Začátek ( $x=0$ m)		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/> Plocha průřezu	A	72.7   cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Plocha oslabeného průřezu	A <sub>net</sub>	72.70   cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Konec ( $x=l$ )		2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994
<input type="checkbox"/> Plocha průřezu	A	72.7   cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Plocha oslabeného průřezu	A <sub>net</sub>	72.70   cm <sup>2</sup>
Komentář		

Obr. 2.43: Zadání plochy průřezu pro posouzení napětí

Oslabení průřezu dírami je třeba zohlednit podle [1], čl. 6.2.3 při posouzení namáhání v tahu. *Plochu oslabeného průřezu*  $A_{net}$  lze zadat zvlášť na *začátku* a na *konci* prutu – na těchto dvou místech  $x$  se zpravidla nacházejí spojovací prostředky. Pro kontrolu se zobrazí plocha neoslabeného průřezu  $A$ .

## 2.12 Parametry - sady prutů

Tento dialog máme k dispozici pouze v případě, že jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* vybrali k posouzení alespoň jednu sadu prutů.

1.13 Parametry - sady prutů

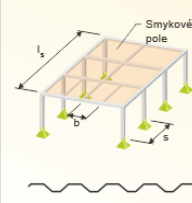
Sada prutů č.	A Smykové pole	B Torzní uložení	C Komentář
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Nastavení - sada prutů č. 6

<input checked="" type="checkbox"/> Sled prutů		Continuous members 1
<input checked="" type="checkbox"/> Smykové pole		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ smykového pole		Trapézový plech
Délka smyk. pole	$l_s$	33.000 m
Vzdálenost nosníků	$s$	5.500 m
Poloha na profilu		Na horní pásnici
<input type="checkbox"/> Označení trapezového plechu		FI + 100/275 - 0.88
Hodnota smyk. pole	$K_1$	0.220 m/kN
Hodnota smyk. pole	$K_2$	23.120 m <sup>2</sup> /kN
Druh uchycení		Každé žebro
<input type="checkbox"/> Torzní uložení		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Typ torzního uložení		Kontinuální (např. trapézový plech)
<input type="checkbox"/> Materiály		Ocel S 235
Modul pružnosti	$E$	21000.00 kN/cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Označení dílce		FI + 100/275 - 0.88
Tloušťka trapezového plechu	$t$	0.880 mm
Poloha trapezového plechu		Kladná poloha
Moment setrvačnosti	$I_s$	173.00 cm <sup>4</sup> /m
Vzdálenost žebér profilového plechu	$b_R$	27.50 cm

Vstup přiřadit sadám č.:   Vše

Smykové pole z trapezového plechu



Obr. 2.44: Dialog 1.11 *Parametry - sady prutů*

Tento dialog je uspořádán stejně jako předchozí dialog 1.11 *Parametry - pruty*. Lze v něm u každé sady prutů zadat parametry pro smykové pole a torzní uložení tak, jak popisujeme v kapitole 2.11.

## 3. Výpočet

### 3.1 Detailní nastavení

Výpočet

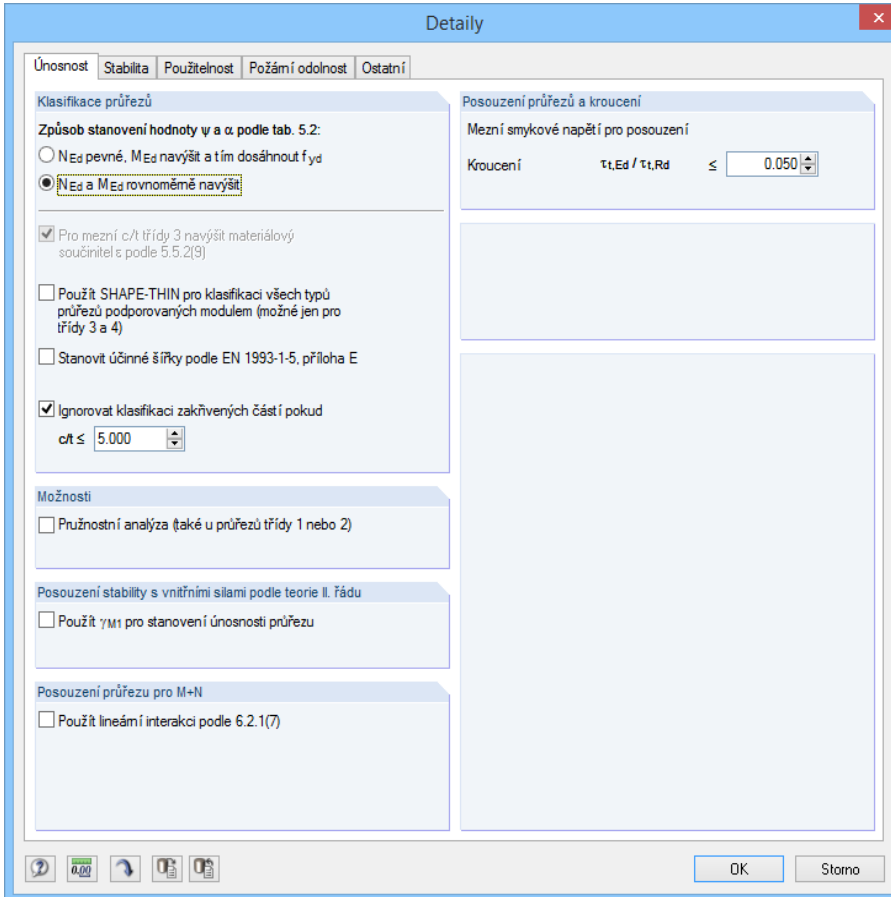
Detaily...

Před spuštěním výpočtu pomocí tlačítka [Výpočet] bychom měli ještě zkontrolovat detailní nastavení pro posouzení. Příslušný dialog otevřeme z každého dialogu v tomto modulu kliknutím na tlačítko [Detaily...].

Dialog *Detaily* se skládá z následujících záložek:

- Únosnost
- Stabilita
- Použitelnost
- Požární odolnost
- Ostatní

#### 3.1.1 Únosnost



Obr. 3.1: Dialog *Detaily*, záložka *Únosnost*

### Klasifikace průřezů

Pokud v průřezu působí napětí od tlaku a ohybu, může uživatel zvolit jednu ze dvou možností výpočtu poměru napětí a protažení  $\psi$ , který je nezbytný pro určení poměru  $c/t$  podle [1], tab. 5.2:

- $N_{Ed}$  pevné,  $M_{Ed}$  navýšit, a tím dosáhnout  $f_{yd}$   
Pro dosažení meze kluzu  $f_{yd}$  se bude zvyšovat pouze podíl napětí od ohybu.
- $N_{Ed}$  a  $M_{Ed}$  rovnoměrně navýšit  
Ve stejné míře se budou zvyšovat podíly napětí od normálové síly i momentu, dokud nebude dosažena mez kluzu  $f_{yd}$ .

Volbu *Pro mezní  $c/t$  třídy 3 navýšit materiálový součinitel  $\epsilon$  podle 5.5.2 (9)* lze použít pouze v případě, že uživatel v záložce *Stabilita* tohoto dialogu zruší posouzení stability. Vychází se přitom z kapitoly 5.5.2 Klasifikace, čl. (10) normy EN 1993-1-1 [1]. Pokud posouzení stability vypneme, lze u průřezů zařazených do třídy 4 zvýšit materiálový součinitel  $\epsilon$ , a posuzovat je pak jako průřezy třídy 3.

Pokud označíme volbu *Použít program SHAPE-THIN pro klasifikaci všech typů průřezů podporovaných modulem*, pak účinné průřezové hodnoty profilů třídy 4 stanoví modul SHAPE-THIN. U průřezů, které jsou klasifikovány jako ‚obecné‘ (čili nepatří mezi válcované ani parametrizované průřezy), provádí klasifikaci standardně SHAPE-THIN. Tyto průřezy lze posoudit pouze pružně jako průřezy třídy 3 nebo třídy 4.

### Možnosti

Průřezy, které náleží do třídy 1 nebo 2, posuzuje modul RF-STEEL EC3 plasticky. Uživatel ovšem může v případě potřeby zvolit *pružnostní analýzu* i pro průřezy těchto tříd.

### Posouzení stability s vnitřními silami podle teorie II. řádu

Pokud se posouzení stability neprovádějí metodou náhradních prutů podle [1], čl. 6.3, nýbrž na základě vnitřních sil podle teorie II. řádu, lze touto volbou stanovit, zda se má použít součinitel  $\gamma_{M1}$  (místo  $\gamma_{M0}$ ) pro stanovení únosnosti průřezu.

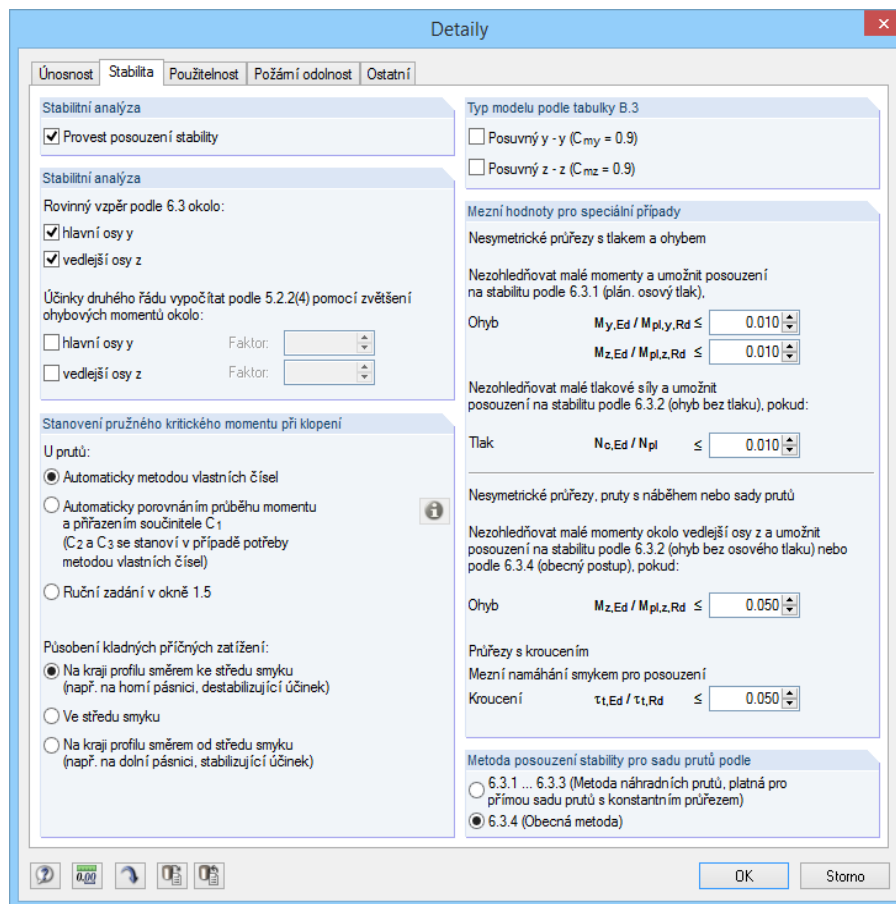
Dílčí součinitel spolehlivosti  $\gamma_{M1}$  má význam při výpočtu únosnosti při ztrátě stability (posouzení konstrukčních prvků). Můžeme ho zkontrolovat a případně upravit v dialogu *Národní příloha* (viz obr. 2.10, strana 14).

### Posouzení průřezu pro M+N

Pomocí zaškrtačacího políčka *Použít lineární interakci podle 6.2.1(7)* můžeme nastavit, zda se při posouzení únosnosti průřezu uplatní konzervativní lineární součet složek využití průřezu namáhaného momenty i normálovými silami pomocí rovnice (6.2), resp. rovnice (6.44).

Nár. příloha...

### 3.1.2 Stabilita


Obr. 3.2: Dialog *Detaily*, záložka *Stabilita*

#### Stabilitní analýza

Zaškrtnutí políčka *Použít* umožňuje rozhodnout, zda se má kromě posouzení průřezu provést také stabilitní analýza. Pokud zrušíme zaškrtnutí políčka, vstupní dialogy 1.4 až 1.8 se nezobrazí.

Jestliže zůstane dané políčko označeno, může uživatel určit, zda se provede posouzení na vzpěr z roviny okolo hlavní nebo vedlejší osy. Vypočítat lze přitom i *účinky druhého řádu* podle [1], čl. 5.2.2 (4), kdy se ručně zadá faktor zvětšení pro ohybové momenty. Tento součinitel je vhodné použít například v případě rámu, u něhož je rozhodujícím tvarem příčné vybočení. Vnitřní síly lze v tomto případě spočítat podle teorie prvního řádu a pak je zvětšit pomocí vhodných součinitelů. Zvětšení ohybových momentů nemá žádný vliv na posouzení vzpěru podle [1], čl. 6.3.1, kdy se vychází z normálových sil.

#### Stanovení pružného kritického momentu při klopení

Standardně se pružný kritický moment počítá *automaticky metodou vlastních čísel*. Program přitom vychází z modelu konečných prvků na prutu a při výpočtu  $M_{cr}$  zohledňuje následující skutečnosti:

- Rozměry neoslabeného průřezu
- Typ zatížení a poloha působíště zatížení
- Skutečné rozdělení momentů
- Příčné vynucené deformace (na základě podmínek uložení)
- Skutečné okrajové podmínky



H	I	J	K	L
Klopení a prostorový vzpěr				
Možné	$k_z$	$k_w$	$L_w$ [m]	$L_T$ [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.011	3.011
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.262	3.262

Ruční zadání  $M_{cr}$ 

Stupně volnosti modelu prutu jsou přitom vyjádřeny pomocí součinitelů  $k_z$  a  $k_w$  (viz kapitola 2.5, strana 26).

Pokud se uživatel rozhodne pro metodu automatického stanovení pružného kritického momentu *porovnáním momentových obrazců*, může pomocí tlačítka [Informace...] otevřít dialog pro určení součinitele  $C_1$  na základě průběhu momentů. Součinitele  $C_2$  a  $C_3$  se vypočítají v případě potřeby automaticky metodou vlastních čísel.

Pokud vybereme možnost *ruční zadání* v tabulce 1.5, v nadpisu sloupce J v dialogu 1.5 se objeví  $M_{cr}$ , a pružný kritický moment při klopení pak lze definovat přímo.

Pokud na průřez působí příčná zatížení, je třeba zadat jejich působíště. V závislosti na místě působení mohou mít příčná zatížení stabilizující nebo naopak destabilizující účinky, a mohou tak mít rozhodující vliv na pružný kritický moment při klopení.

### Typ modelu podle tabulky B.3

Podle [1], přílohy B, tabulky B.3 se má při vybočení s posuvem styčniců uvažovat součinitel ekvivalentního momentu  $C_{my} = 0,9$  nebo  $C_{mz} = 0,9$ . Obě zaškrtačací políčka jsou standardně deaktivována. Pokud je označíme, stanoví se momentové součinitele  $C_{my}$  a  $C_{mz}$  v souladu s vymezeními kritérii v tabulce B.3.

### Mezní hodnoty pro speciální případy

Pokud chce uživatel posoudit nesymetrické průřezy na osový tlak podle [1], čl. 6.3.1, pak lze po příslušném nastavení v této sekci zanedbat *malé momenty* okolo hlavní i vedlejší osy.

Podobně lze pro posouzení na prostý ohyb podle [1], čl. 6.3.2 zanedbat *malé tlakové síly*. Jako kritérium se přitom nastaví mezní poměr  $N$  ku  $N_{pl}$ .

Posouzení *nesymetrických průřezů, prutů s náběhem nebo sad prutů* podle [1], čl. 6.3.4 se připouští pouze při jednoosém ohybu v hlavní rovině a/nebo v tlaku. Pro zanedbání malých momentů okolo vedlejší osy pak uživatel může stanovit mezní poměr momentů  $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$ .

Plánovitě *kroucení* norma EN 1993-1-1 jednoznačně neupravuje. Pokud je průřez namáhán kroucením, avšak poměr návrhového a mezniho smykového napětí od kroucení nepřekračuje hranici předem nastavenou na 5 %, pak se namáhání kroucením při stabilním posouzení nezohledňuje. V takovém případě program zobrazí výsledky posouzení na vzpěr a klopení.



Jestliže je některá z uvedených hranic překročena, zobrazí se v tabulce výsledků varovné hlášení a stabilitní analýza neproběhne. Nezávisle na tom se provedou posouzení průřezů. Nastavené hranice nejsou součástí EN 1993-1-1 ani národní přílohy a uživatelé si je mohou na svou odpovědnost upravit.



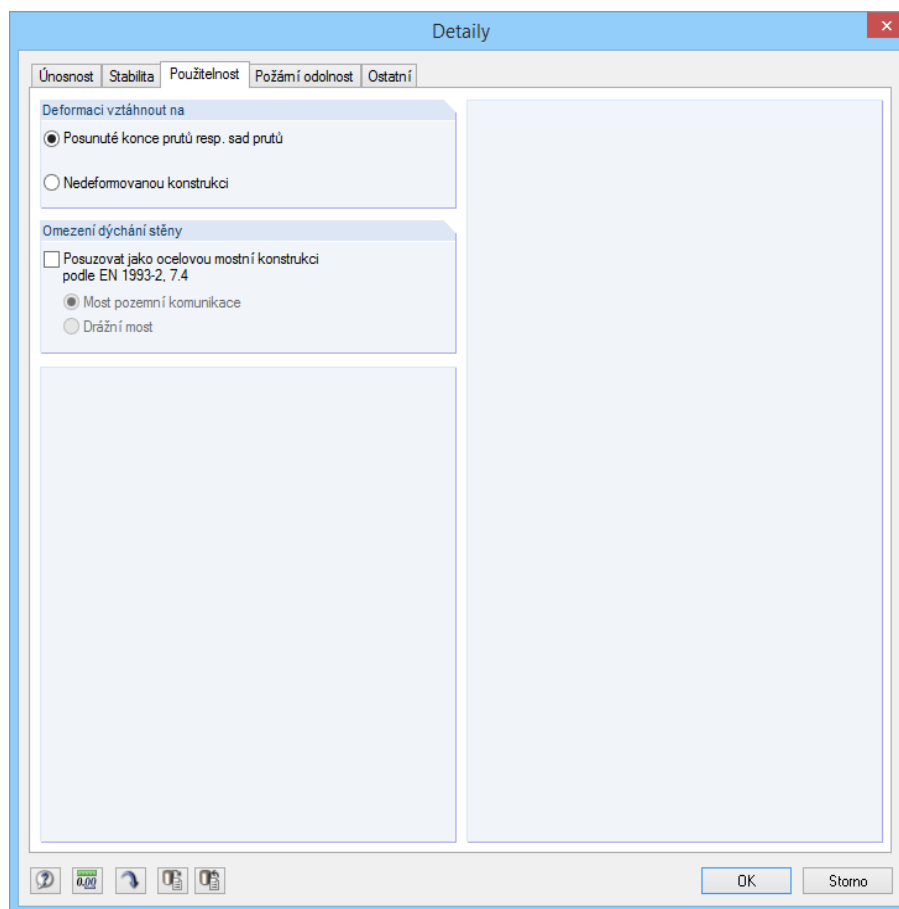
### Metoda posouzení stability pro sadu prutů

Stabilitní chování sad prutů lze vyšetřovat dvěma způsoby.

Pokud vybereme *metodu náhradních prutů* podle 6.3.1 ... 6.3.3, bude se k sadě přistupovat jako k jednomu velkému prutu. Příslušné součinitele  $k_z$  a  $k_w$ , které se použijí k výpočtu podporových podmínek  $\beta$ ,  $u_y$ ,  $\varphi_x$ ,  $\varphi_z$  a  $\omega$ , je třeba stanovit v dialogu 1.6 *Vzpěrné délky – sady prutů*. Dialogy 1.7 a 1.8 se v tomto případě nezobrazí. Upozorňujeme, že součinitele  $k_z$  a  $k_w$  jsou u každého úseku či dílčího prutu dané sady stejné. Tuto metodu doporučujeme použít v zásadě pouze u sad prutů ležících na přímce.

Pokud zvolíme předem nastavenou *obecnou metodu* posouzení podle čl. 6.3.4 normy [1], provede se obecná analýza, při níž se vychází ze součinitele  $\alpha_{cr}$ . Podporové podmínky je třeba zadat pro každou sadu prutů zvlášť v dialogu 1.7. Součinitele  $k_z$  a  $k_w$  z dialogu 1.5 se nepoužijí.

### 3.1.3 Použitelnost



Obr. 3.3: Dialog *Detaily*, záložka *Použitelnost*

#### Deformaci vztáhnout na

Pomocí přepínače v této sekci může uživatel zvolit, zda se budou maximální deformace vztahovat k nedeforované výchozí konstrukci nebo k pomyslné spojovací linii mezi počátkem a koncem prutu (resp. sady prutů) v deformované konstrukci čili k posunutým koncům prutu, příp. sady prutů. Zpravidla se deformace posuzují ve vztahu k posunům v celé konstrukci.

Nár. příloha...

Mezní deformace lze zkontrolovat a případně upravit v dialogu *Parametry národní přílohy* (viz obr. 2.10, strana 14).

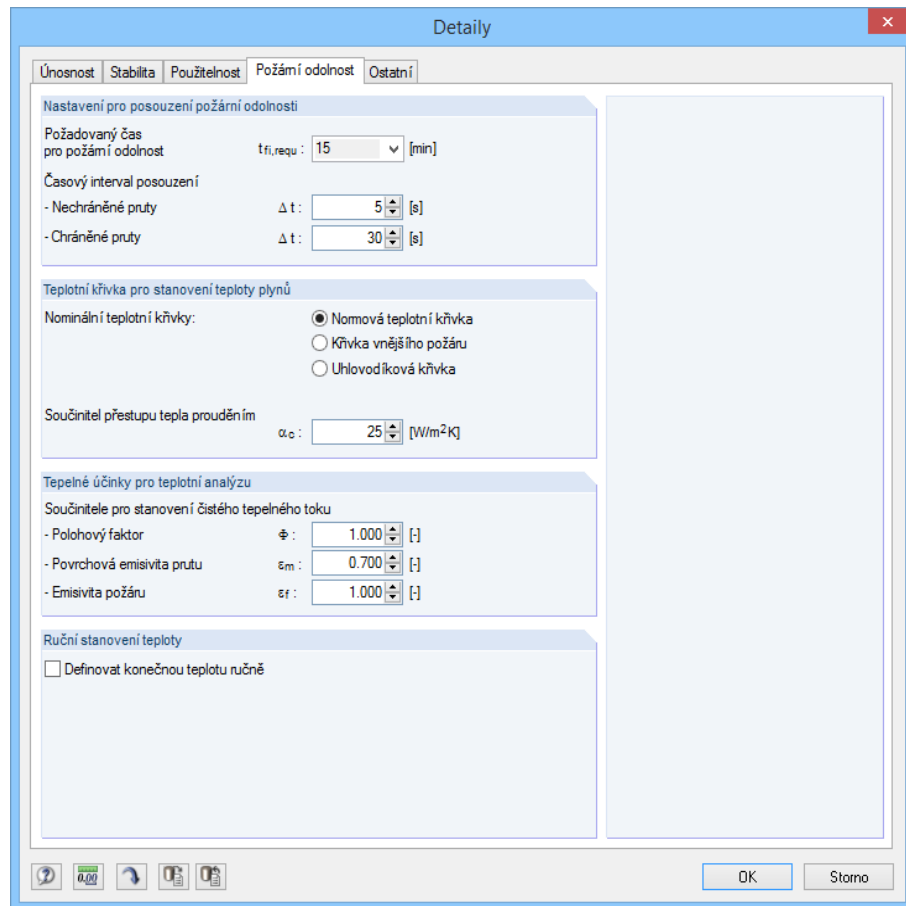
#### Omezení dýchání stěny

Při posouzení použitelnosti ocelových mostů je třeba omezit poměrnou štíhlost plechu, a zabránit tak nadměrnému vlnění, dýchání plechu a snížení tuhosti vlivem vyboulení desky. Zaškrtnutí políčko *Posuzovat jako ocelovou mostní konstrukci podle EN 1993-2, 7.4* umožňuje stanovit, zda se má posoudit dýchání stěny (proměnlivý ohyb z roviny desky), které může způsobit únavu v přípojích stěny k pásnici. Je třeba uvést, jestli se jedná o *most pozemní komunikace* nebo *drážní most*.

Při posouzení je třeba omezit štíhlost vyztužených i nevyztužených plechů.

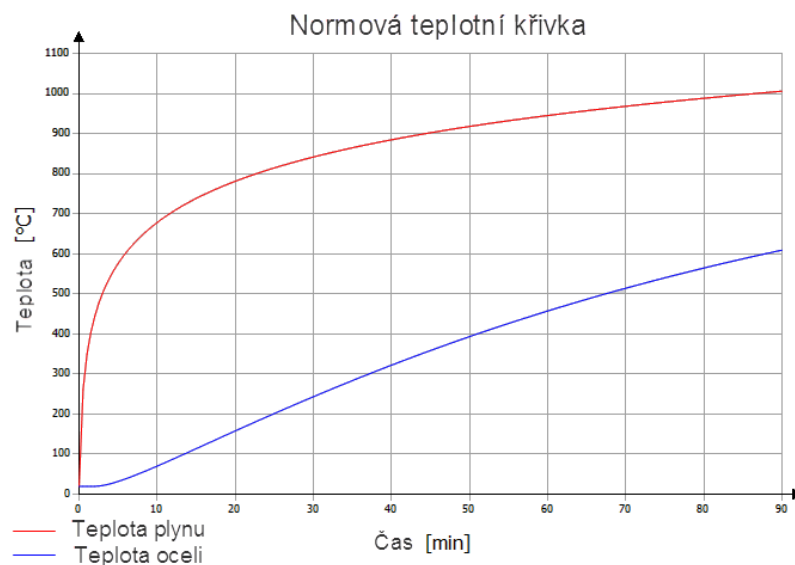
### 3.1.4 Požární odolnost

V této záložce se nastavují podrobnější údaje pro posouzení požární odolnosti.



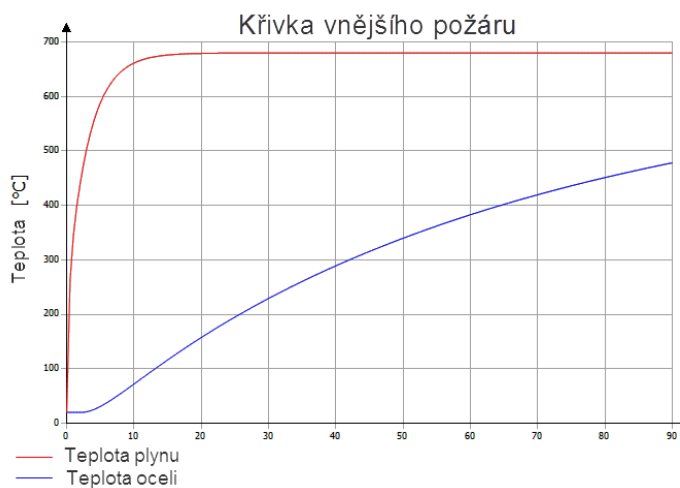
Obr. 3.4: Dialog *Detaily*, záložka *Požární odolnost*

Kromě požadovaného času pro požární odolnost a časových intervalů pro výpočet změny teploty se tu zadává teplotní křivka ke stanovení teploty plynů. K dispozici máme tři křivky:

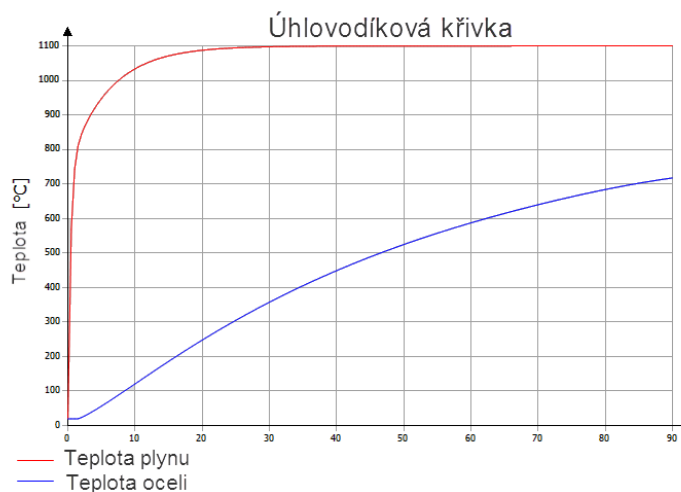


Obr. 3.5: Normová teplotní křivka





Obr. 3.6: Křivka vnějšího požáru

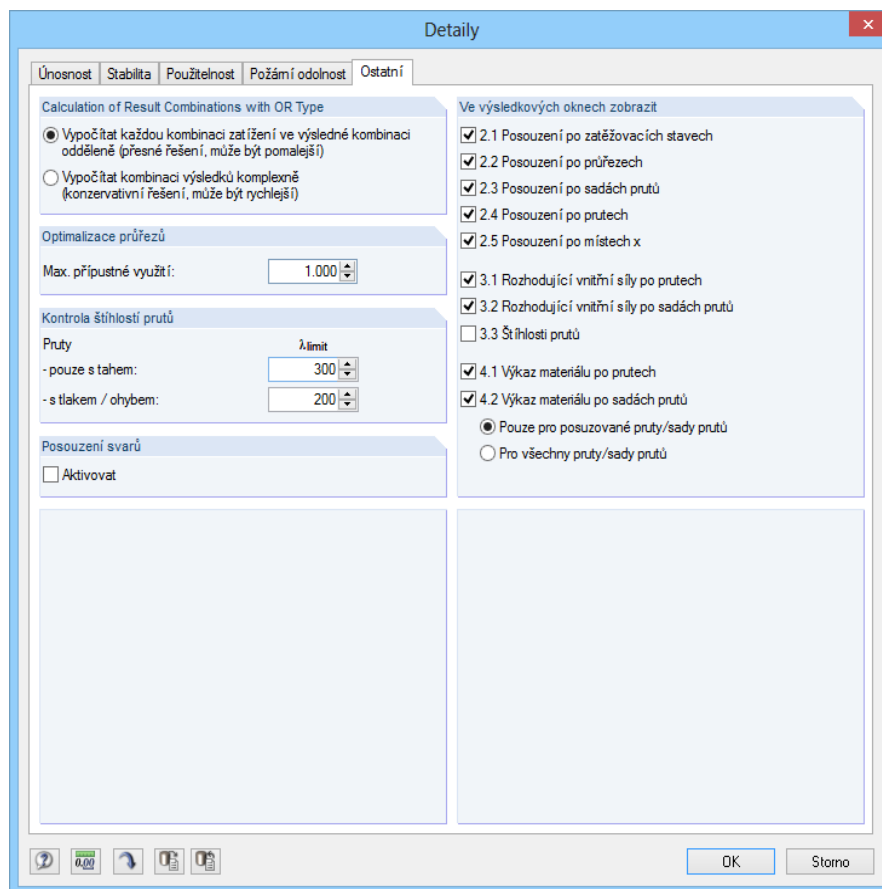


Obr. 3.7: Úhlovodíková křivka

Součinitele pro stanovení čistého tepelného toku jsou již předem nastaveny v souladu s EN 1991-1-2 a EN 1993-1-2, lze je ovšem uzpůsobit daným okolnostem.

Pokud označíme políčko *Definovat konečnou teplotu ručně*, můžeme teplotu  $\Theta_a$  stanovit individuálně v dialogu 1.10.

### 3.1.5 Ostatní



Obr. 3.8: Dialog *Detaily*, záložka *Ostatní*

#### Optimalizace průřezů

Jako cíl optimalizace je předem nastaveno maximální 100 % využití. V daném vstupním poli lze ovšem případně stanovit jinou horní hranici.

#### Kontrola štíhlostí prutů

V příslušných dvou vstupních polích můžeme stanovit mezní hodnoty  $\lambda_{\text{limit}}$  pro kontrolu štíhlostí prutů. Hodnoty lze zadat samostatně pro pruty namáhané prostým tahem a pro pruty namáhané na ohyb a tlak.

Skutečné štíhlosti se s mezními hodnotami porovnávají v dialogu 3.3, který se zobrazí po výpočtu (viz kapitola 4.8, strana 58) v případě, že jsme ho označili v sekci *Ve výsledkových tabulkách zobrazit* v pravé části dialogu.

#### Posouzení svarů

Pokud označíme dané zaškrtnuté políčko, vyšetří se při posouzení i svary. Směrodatná je v tomto ohledu norma EN 1993-1-8. Výsledky se po skončení výpočtu zobrazí mezi výslednými hodnotami posouzení průřezů.

#### Ve výsledkových tabulkách zobrazit

V této sekci může uživatel vybrat, které tabulky výsledků se mají zobrazit. Může také rozhodnout, zda se má zobrazit výkaz materiálu. Jednotlivé výstupní tabulky popisujeme v kapitole 4 *Výsledky*.

Dialog 3.3 *Štíhlost prutů* je standardně vypnut.

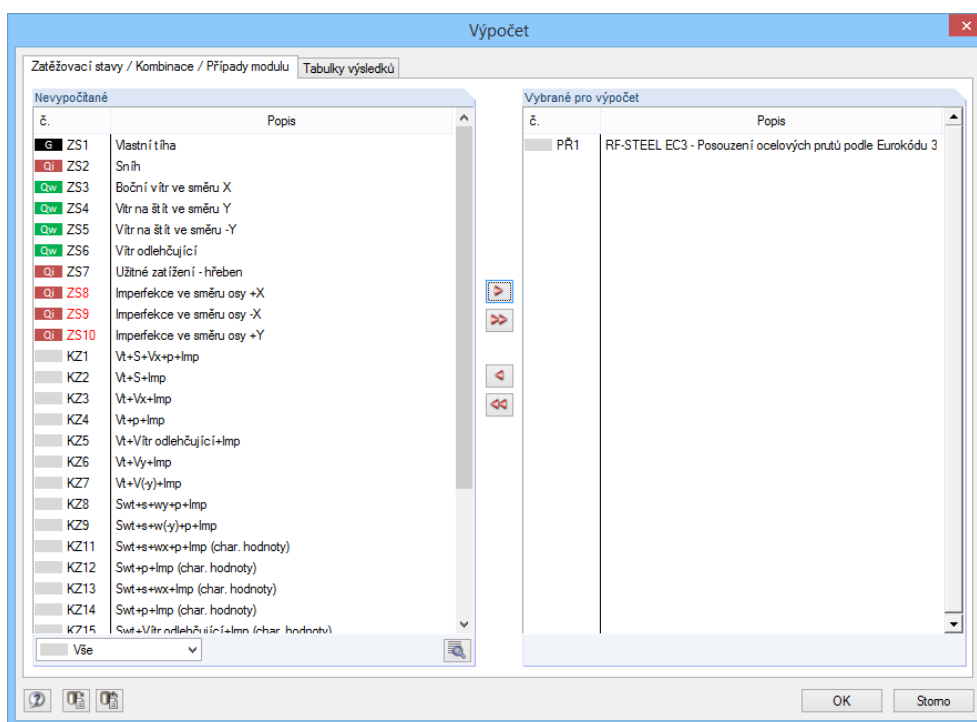
## 3.2 Spuštění výpočtu

Výpočet

Ve všech vstupních dialogích modulu RF-STEEL EC3 lze spustit výpočet kliknutím na tlačítko [Výpočet].

Modul RF-STEEL EC3 nejdříve vyhledá výsledky příslušných zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků. Pokud je nenajde, spustí se nejdříve v RFEMu výpočet rozhodujících vnitřních sil.

Posouzení lze spustit také z uživatelského prostředí RFEMu. Návrhové případy z přidavných modulů se totiž zobrazí v dialogu *Výpočet* (který otevřeme z hlavní nabídky *Výpočet* → *Vybrat pro výpočet...*) v seznamu zatěžovacích stavů a kombinací zatížení.

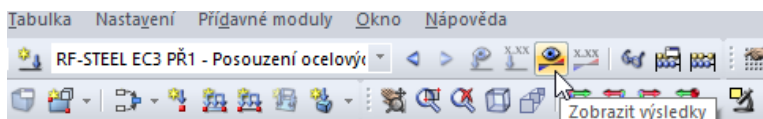


Obr. 3.9: Dialog *Výpočet*

Pokud v seznamu *Nevypočítané* chybí návrhové případy z modulu RF-STEEL EC3, je třeba nastavit pod seznamem volbu *Vše* nebo *Přídavné moduly*.

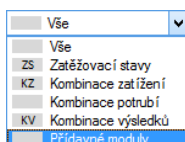
Tlačítkem [▶] převedeme vybrané návrhové případy do seznamu na pravé straně. Výpočet pak spustíme pomocí tlačítka [OK].

Výpočet určitého návrhového případu z modulu RF-STEEL EC3 lze spustit přímo také z panelu nástrojů. V seznamu nastavíme požadovaný návrhový případ a následně klikneme na tlačítko [Zobrazit výsledky].



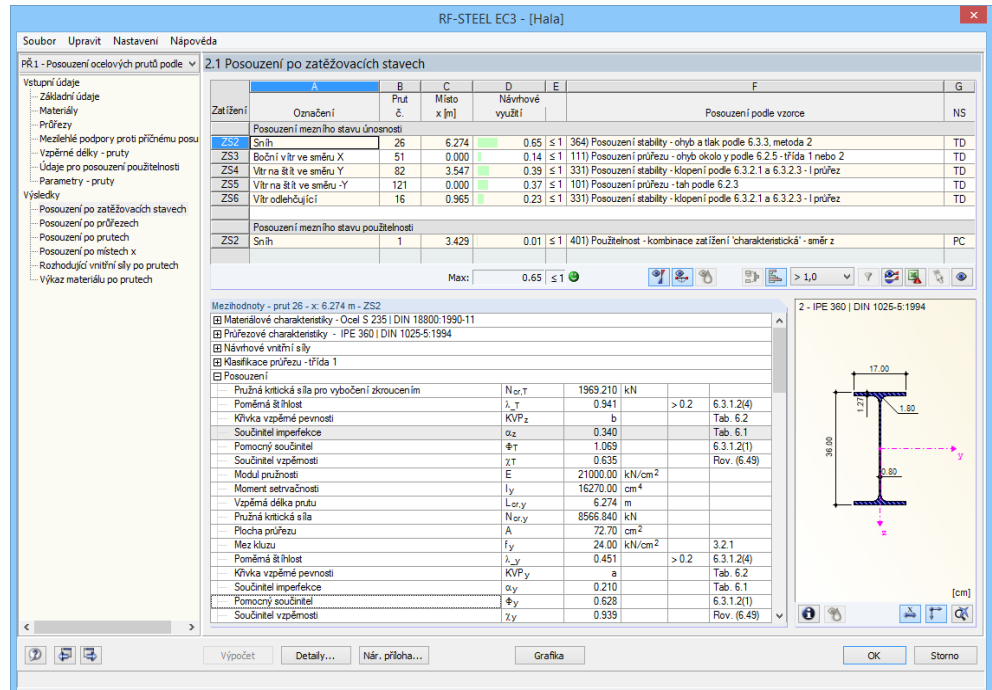
Obr. 3.10: Přímý výpočet návrhového případu z modulu RF-STEEL EC3 v hlavním programu RFEM

Následně se zobrazí dialog, v kterém lze sledovat průběh výpočtu.



# 4. Výsledky

Ihned po skončení výpočtu se zobrazí dialog 2.1 *Posouzení po zatěžovacích stavech*.



**Zatížení**

Zatížení	Označení	Prut	Místo x [m]	Návrhové využití	Posouzení podle vzorce
Posouzení mezního stavu únosnosti					
ZS2	Snih	26	6.274	0.65 ≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3. metoda 2
ZS3	Boční v. vtr ve směru X	51	0.000	0.14 ≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
ZS4	Vtr na štít ve směru Y	82	3.547	0.39 ≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
ZS5	Vtr na štít ve směru -Y	121	0.000	0.37 ≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
ZS6	Vtr odlehčující	16	0.965	0.23 ≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
Posouzení mezního stavu použitelnosti					
ZS2	Snih	1	3.429	0.01 ≤ 1	401) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr z

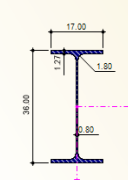
Max: 0.65 ≤ 1

**Mezihodnoty - prut 26 - x: 6.274 m - ZS2**

- ☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | DIN 18800:1990-11
- ☑ Průřezové charakteristiky - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
- ☑ Návrhové vnitřní síly
- ☑ Klasifikace průřezu - třída 1
- ☑ Posouzení

Průzná kritická síla pro vybočení zkroutením	$N_{cr,T}$	1969.210	kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_y$	0.341		> 0.2 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>z</sub>	b		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0.340		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\phi_T$	1.069		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_T$	0.635		Rov. (6.49)
Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm <sup>2</sup>	
Moment setrvačnosti	$I_y$	16270.00	cm <sup>4</sup>	
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	6.274	m	
Průzná kritická síla	$N_{cr,y}$	8566.340	kN	
Plocha průřezu	A	72.70	cm <sup>2</sup>	
Mez kluzu	$f_y$	24.00	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1
Poměrná štíhlost	$\lambda_y$	0.451		> 0.2 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>y</sub>	a		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_y$	0.210		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\phi_y$	0.628		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y$	0.939		Rov. (6.49)

**2 - IPE 360 | DIN 1025-5:1994**



Obr. 4.1: Posouzení a mezihodnoty ve výstupním dialogu

V tabulkách výsledků 2.1 až 2.5 se zobrazí podrobný přehled posouzení seřazených podle různých kritérií.

Tabulky 3.1 a 3.2 pak obsahují rozhodující vnitřní síly. V dialogu 3.3 najdeme informace o štíhlosti prutů. V posledních dvou tabulkách 4.1 a 4.2 se zobrazí výkaz materiálu pro pruty a sady prutů.

Všechny dialogy lze otevřít tak, že klikneme přímo na jejich název v navigátoru. Uživatel může mezi nimi přepínat také pomocí vlevo znázorněných tlačítek (listování dopředu či zpět) nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].

Tlačítkem [OK] výsledky uložíme. Modul RF-STEEL EC3 se zavře a my se vrátíme do hlavního programu.

V kapitole 4 *Výsledky* popíšeme jednotlivé výstupní dialogy v příslušném pořadí. Vyhodnocení a kontrole výsledků se budeme věnovat v následující kapitole 5 *Vyhodnocení výsledků* na straně 62.



OK

## 4.1 Posouzení po zatěžovacích stavech



Horní část dialogu nabízí souhrnný přehled rozhodujících posouzení, seřazených podle zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků. Seznam je navíc rozčleněn na posouzení mezního stavu únosnosti, mezního stavu použitelnosti a požární odolnosti.

V dolní části dialogu najdeme podrobné údaje o průřezových charakteristikách, návrhových vnitřních silách a parametrech důležitých pro posouzení zatěžovacího stavu, který jsme právě vybrali v horní části dialogu.

2.1 Posouzení po zatěžovacích stavech

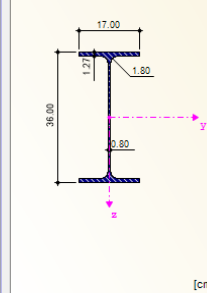
Zatížení	A	B	C	D	E	F	G
	Označení	Prut č.	Místo x [m]	Návrhové využití		Posouzení podle vzorce	NS
Posouzení mezního stavu únosnosti							
ZS2	Sn ěh	26	6.274	0.65	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2	TD
ZS3	Boční vítr ve směru X	51	0.000	0.14	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2	TD
ZS4	Vítr na šit ve směru Y	82	3.547	0.39	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez	TD
ZS5	Vítr na šit ve směru -Y	121	0.000	0.37	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3	TD
ZS6	Vítr odlehčující	16	0.965	0.23	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez	TD
Posouzení mezního stavu použitelnosti							
ZS2	Sn ěh	1	3.429	0.01	≤ 1	401) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr z	PC

Max: 0.65 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 26 - x: 6.274 m - ZS2

- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | DIN 18800:1990-11
- Průřezové charakteristiky - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - třída 1
- Posouzení

Průřezová kritická síla pro vybočení zkroutením	$N_{cr,T}$	1969.210	kN			
Poměrná štíhlost	$\lambda_{cr,T}$	0.941		> 0.2	6.3.1.2(4)	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>z</sub>				Tab. 6.2	
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0.340			Tab. 6.1	
Pomocný součinitel	$\chi_T$	1.069			6.3.1.2(1)	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_T$	0.635			Rov. (6.49)	
Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm <sup>2</sup>			
Moment setrvačnosti	$I_y$	16270.00	cm <sup>4</sup>			
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	6.274	m			
Průřezová kritická síla	$N_{cr,y}$	8566.840	kN			
Plocha průřezu	A	72.70	cm <sup>2</sup>			
Mez kluzu	$f_y$	24.00	kN/cm <sup>2</sup>		3.2.1	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{cr,y}$	0.451		> 0.2	6.3.1.2(4)	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>y</sub>				Tab. 6.2	
Součinitel imperfekce	$\alpha_y$	0.210			Tab. 6.1	
Pomocný součinitel	$\chi_y$	0.628			6.3.1.2(1)	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y$	0.939			Rov. (6.49)	



Obr. 4.2: Dialog 2.1 Posouzení po zatěžovacích stavech

### Označení

V tomto sloupci se pro informaci zobrazí označení posouzených zatěžovacích stavů, resp. kombinací zatížení nebo výsledků.

### Prut č.

U každého posuzovaného zatížení se uvede číslo prutu s největším využitím.

### Místo x


V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu s maximálním využitím. Vyhodnocují se následující místa x na prutu:

- Počáteční a koncový uzel
- Dělicí body podle případně zadaného dělení prutu (viz tabulka 1.16 v RFEMu)
- Dělicí body podle počtu dílů prutu, který jsme zadali pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Globální parametry výpočtu* v RFEMu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

### Návrhové využití

Ve sloupcích D a E se zobrazí podmínky posouzení podle EN 1993-1-1.

Políčka v tomto sloupci jsou částečně podbarvena. Délka barevného pruhu přitom odpovídá míře využití průřezu.

Max:	0.98	≤ 1	
------	------	-----	---

## Posouzení podle vzorce

V tomto sloupci se zobrazí rovnice, které se při jednotlivých posouzeních uplatní.

## NS

V posledním sloupci se uvádí, která návrhová situace (*NS*) je pro posouzení relevantní - zda se jedná o *TD*, resp. *MM* pro mezní stav únosnosti nebo o některou ze tří návrhových situací pro posouzení mezního stavu použitelnosti (*PC*, *PC*, *PK*) podle zadání v dialogu 1.1 *Základní údaje* (viz obr. 2.7, strana 11).

## 4.2 Posouzení po průřezích

2.2 Posouzení po průřezích

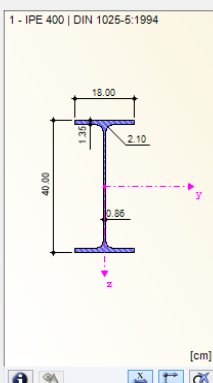
Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěžování	Návrhové využití	Posouzení podle vzorce
1	IPE 400   DIN 1025-5:1994				
	11	0.000	ZS6	0.01 ≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	21	0.000	ZS2	0.02 ≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	11	5.077	ZS3	0.10 ≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	32	0.000	ZS5	0.03 ≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	21	0.923	ZS2	0.05 ≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	21	0.000	ZS2	0.07 ≤ 1	122) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - třída 3 nebo 4
	11	0.000	ZS2	0.00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	11	5.077	ZS3	0.10 ≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	32	0.000	ZS5	0.03 ≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8

Max: 0.78 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 11 - x: 0.000 m - ZS6

- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | DIN 18800:1990-11
- Průřezové charakteristiky - IPE 400 | DIN 1025-5:1994
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - žádný tlak
- Posouzení

Tahová síla	$N_{t,Ed}$	18.453	kN		
Plocha průřezu	A	84.50	cm <sup>2</sup>		
Mez kluzu	$f_y$	24.00	kN/cm <sup>2</sup>		3.2.1
Díličí součinitel únosnosti	$\gamma_{MO}$	1.000			6.1
Návrhová plastická únosnost	$N_{pl,Rd}$	2028.000	kN		Rev. (6.6)
Plocha oslabeného průřezu	$A_{net}$	84.50	cm <sup>2</sup>		
Mezní pevnost	$f_u$	36.00	kN/cm <sup>2</sup>		
Díličí součinitel únosnosti	$\gamma_{M2}$	1.250			6.1
Návrhová únosnost v tahu	$N_{u,Rd}$	2190.240	kN		Rev. (6.7)
Únosnost při působení osově síly	$N_{t,Rd}$	2028.000	kN		
Posouzení	$\eta$	0.01		≤ 1	Rev. (6.5)



Obr. 4.3: Dialog 2.2 *Posouzení po průřezích*

V tomto dialogu se u všech posuzovaných prutů zobrazí maximální využití ve zvolených zatěžovacích stavech. Hodnoty jsou seřazeny podle průřezů. Výsledky se vždy řadí podle druhu posouzení - posouzení průřezu a stability a dále posouzení mezního stavu použitelnosti a požární odolnosti.

V případě prutů s náběhy se v řádku vedle čísla průřezu zobrazí obě označení průřezů.

## 4.3 Posouzení po sadách prutů

2.3 Posouzení po sadách prutů

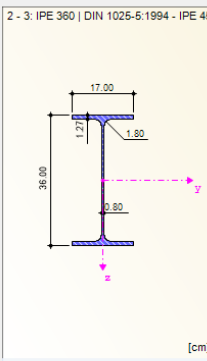
Sada prutů č.	A Prut č.	B Misto x [m]	C Zatěžování	D Návrhové využití	E	F Posouzení podle vzorce
6	Continuous members 1 (prut č. 6-8)					
	6	0.000	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	7	3.262	ZS3	0.05	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	8	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	6	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	7	3.262	ZS3	0.05	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	7	3.262	ZS3	0.19	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
	8	0.000	ZS3	0.05	≤ 1	371) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.4. obecná metoda
7	Continuous members 2 (prut č. 3-5)					

Max: 0.49 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 8 - x: 0.000 m - ZS3

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | ČSN EN 1993-1-1:2005-05  
 Průřezové charakteristiky - IPE 360 | DIN 1025-5:1994  
 Návrhové vnitřní síly  
 Klasifikace průřezu - třída 1  
 Posouzení

Max. posouzení průřezu	$\eta_{ult.k.max}$	0.046	Rov. (6.2)
Nejmenší násobitel	$\alpha_{ult.k}$	21.797	6.3.4(2)
Nejmenší násobitel	$\alpha_{ocr.op}$	54.329	6.3.4(3)
Poměrná štíhlost	$\lambda_{op}$	0.633	Rov. (6.64)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>z</sub>	b	Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0.340	Tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_{op.z}$	0.774	6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{op.z}$	0.820	Rov. (6.49)
Výška průřezu	h	36.00 cm	
Šířka průřezu	b	17.00 cm	
Kritérium	h/b	2.12	> 2 Tab. 6.5
Křivka vzpěrné pevnosti	KVPLT	c	Tab. 6.5
Součinitel imperfekce	$\alpha_{LT}$	0.490	Tab. 6.3
Parametr	$\lambda_{LT,0}$	0.400	6.3.2.3(1)
Parametr	$\beta$	0.750	6.3.2.3(1)
Pomocný součinitel	$\Phi_{op.LT}$	0.708	6.3.2.3(1)
Součinitel klopení	$\chi_{op.LT}$	0.866	Rov. (6.57)



Obr. 4.4: Dialog 2.3 Posouzení po sadách prutů

Tento výstupní dialog se zobrazí, pokud jsme k posouzení vybrali alespoň jednu sadu prutů. Maximální využití jsou v seznamu seřazena podle sad prutů.

Ve sloupci *Prut č.* se uvádí číslo prutu, který vykazuje v dané sadě prutů největší využití podle jednotlivých posuzovacích kritérií.

Výsledky rozčleněné podle sad prutů mají tu výhodu, že se nám v jednom dialogu přehledně zobrazí výsledky posouzení celé skupiny prvků (např. rámu).

## 4.4 Posouzení po prutech

2.4 Posouzení po prutech

Prut č.	A Místo x [m]	B Zatěžování	C Návrhové využití	D	E
1	Průřez č. 1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994				Posouzení podle vzorce
	0.000	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	5.077	ZS3	0.03	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	0.000	ZS3	0.01	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	5.077	ZS3	0.03	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	0.923	ZS3	0.19	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
	0.000	ZS1	0.00	≤ 1	400) Použitelnost - malé, resp. velmi malé deformace
	3.429	ZS1	0.08	≤ 1	401) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr z
	3.000	ZS4	0.23	≤ 1	406) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr y

Max: 0.49 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 1 - x: 5.077 m - ZS3

- ☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | ČSN EN 1993-1-1:2005-05
- ☑ Průřezové charakteristiky - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- ☑ Návrhové vnitřní síly
- ☑ Klasifikace průřezu - třída 1
- ☑ Posouzení

Moment	$M_{y,Ed}$	14.933	kNm	
Mez kluzu	$f_y$	23.50	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	$\gamma_{MO}$	1.000		6.1
Únosnost v ohybu	$M_{pl,y,Rd}$	517.000	kNm	Rev. (6.13)
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.403	kN	
Účinná smyková plocha	$A_{v,z}$	60.35	cm <sup>2</sup>	6.2.6(3)
Únosnost ve smyku	$V_{pl,z,Rd}$	818.840	kN	Rev. (6.18)
Kritérium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	$v_z$	0.000		≤ 0.5 6.2.8(2)
Únosnost v ohybu	$M_{c,y,Rd}$	517.000	kNm	Rev. (6.13)
Posouzení	$\eta$	0.03		≤ 1 (6.30)

Obr. 4.5: Dialog 2.4 Posouzení po prutech

V tomto výstupním dialogu se zobrazí maximální využití v případě jednotlivých posouzení seřazená podle čísel prutů. Jednotlivé sloupce popisujeme v kapitole 4.1 na straně 53.

## 4.5 Posouzení po místech x

2.5 Posouzení po místech x

Prut č.	A Místo x [m]	B Zatěžování	C Návrhové využití	D	E
8	Průřez č. 2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994 ... 3 - IPE 450   DIN 1025-5:1994				Posouzení podle vzorce
	0.000	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	0.000	ZS3	0.05	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	0.000	ZS3	0.05	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	0.000	ZS3	0.19	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
	0.000	ZS3	0.05	≤ 1	371) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.4, obecná metoda
	0.502	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	0.502	ZS3	0.04	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2

Max: 0.49 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 8 - x: 0.000 m - ZS3

- ☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | ČSN EN 1993-1-1:2005-05
- ☑ Průřezové charakteristiky - IPE 360 | DIN 1025-5:1994
- ☑ Návrhové vnitřní síly
- ☑ Klasifikace průřezu - třída 1
- ☑ Posouzení

Max. posouzení průřezu	$\eta_{ult,k,max}$	0.046		Rev. (6.2)
Nejmenší násobitel	$\alpha_{ult,k}$	21.797		6.3.4(2)
Nejmenší násobitel	$\alpha_{or,op}$	54.329		6.3.4(3)
Poměrná štíhlost	$\lambda_{op}$	0.633		Rev. (6.64)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>z</sub>	b		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_{z}$	0.340		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_{op,z}$	0.774		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{op,z}$	0.820		Rev. (6.49)
Výška průřezu	h	36.00	cm	
Šířka průřezu	b	17.00	cm	
Kritérium	h/b	2.12	> 2	Tab. 6.5
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>LT</sub>	c		Tab. 6.5
Součinitel imperfekce	$\alpha_{LT}$	0.490		Tab. 6.3
Parametr	$\lambda_{LT,0}$	0.400		6.3.2.3(1)
Parametr	$\beta$	0.750		6.3.2.3(1)
Pomocný součinitel	$\Phi_{op,LT}$	0.708		6.3.2.3(1)
Součinitel klopení	$\chi_{op,LT}$	0.866		Rev. (6.57)

Obr. 4.6: Dialog 2.5 Posouzení po místech x

Tento výstupní dialog obsahuje seznam maximálních hodnot u každého prutu na všech místech x podle dělení zadaného v RFEMu:



- Počáteční a koncový uzel
- Dělicí body podle případně zadaného dělení prutu (viz tabulka 1.16 v RFEMu)
- Dělicí body podle počtu dílů prutu, který jsme zadali pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Globální parametry výpočtu* v RFEMu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

## 4.6 Rozhodující vnitřní síly po prutech

3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

Prut č.	Místo x [m]	B Zatěžo- vání	D Síly [kN]			G Momenty [kNm]			I Posouzení podle vzorce
			C N <sub>Ed</sub>	V <sub>y,Ed</sub>	V <sub>z,Ed</sub>	F T <sub>Ed</sub>	M <sub>y,Ed</sub>	M <sub>z,Ed</sub>	
1	Průřez č. 1 - IPE 400   DIN 1025-5:1994								
	1.714	ZS6	2.299	0.000	0.326	0.000	0.559	0.000	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	0.000	0.000	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	5.077	ZS3	2.638	0.000	0.202	0.000	13.911	0.000	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nel
	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	0.016	0.000	5.637	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nel
	0.000	ZS3	2.638	0.000	5.279	0.000	0.000	0.000	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS4	0.000	-3.754	0.000	0.016	0.000	0.000	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
	0.000	ZS3	2.638	0.000	5.279	0.000	0.000	0.000	
	5.077	ZS3	2.638	0.000	0.202	0.000	13.911	0.000	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	0.016	0.000	5.637	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	6.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	-4.879	0.000	181) Po-151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	2.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	-1.626	0.000	182) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	0.000	0.000	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2i
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	0.000	0.000	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2i
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	0.000	0.000	321) Posouzení stability - vzpěr zkrácením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.4i
	5.077	ZS3	2.638	0.000	0.202	0.000	13.911	0.000	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - 1 pr
	0.923	ZS2	-5.707	0.000	-0.813	0.001	-0.751	0.000	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
2	Průřez č. 1 - IPE 400   DIN 1025-5:1994								
	1.714	ZS6	2.299	0.000	-0.326	0.000	-0.559	0.000	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	0.000	0.000	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	6.000	ZS3	-2.857	0.000	0.497	0.000	14.235	0.000	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nel
	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	-0.016	0.000	5.637	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nel
	0.923	ZS3	-2.857	0.000	3.671	0.000	3.654	0.000	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS3	-2.857	0.000	4.247	0.000	0.000	0.000	122) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - tříd.
	0.000	ZS4	0.000	-3.754	0.000	-0.016	0.000	0.000	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
	0.000	ZS3	-2.857	0.000	4.247	0.000	0.000	0.000	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	6.000	ZS3	-2.857	0.000	0.497	0.000	14.235	0.000	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	-0.016	0.000	5.637	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	6.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	4.879	-0.001	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9
	2.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	1.626	0.000	182) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	0.000	0.000	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2i
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	0.000	0.000	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2i
	0.000	ZS2	-5.707	0.000	0.813	-0.001	0.000	0.000	321) Posouzení stability - vzpěr zkrácením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.4i

Obr. 4.7: Dialog 3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

V tomto dialogu se pro každý prut zobrazí rozhodující vnitřní síly, které vyvozují v případě jednotlivých posouzení maximální využití.

### Místo x

V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu, kde bylo zjištěno maximální využití.

### Zatěžování

V tomto sloupci se vždy zobrazí číslo zatěžovacího stavu (popř. kombinace zatížení nebo kombinace výsledků), u kterého vnitřní síly na prutu vyvozují maximální využití.

### Síly / Momenty

Pro každý prut se zobrazí rozhodující osová a smyková síly a také kroutící a ohybové momenty, které v případě posouzení průřezu, stability, mezního stavu použitelnosti a požární odolnosti vyvozují největší využití.

### Posouzení podle vzorce

V posledním sloupci se uvádí informace o typu posouzení a použitých rovnicích z norem [1], [2] nebo [4].

## 4.7 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

Sada prutů č.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Místo x [m]	Zatěžování	$N_{Ed}$	Síly [kN] $V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$T_{Ed}$	Momenty [kNm] $M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	Posouzení podle vzorce	
6	Continuous members 1 (prut č. 6-8)								
6.274	ZS5	0.000	-0.180	0.000	0.003	0.000	0.000	100	Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
3.011	ZS3	-0.743	0.000	-2.803	0.000	-14.235	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
0.000	ZS4	0.000	0.255	0.000	-0.007	0.000	1.506	116	Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
2.008	ZS2	-0.285	-0.003	6.060	0.000	-6.277	-0.017	121	Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
0.000	ZS2	-1.142	-0.003	-3.747	0.000	-0.181	-0.004	122	Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - třída 3
0.000	ZS2	-0.308	0.015	5.795	0.000	-6.010	0.074	126	Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
3.011	ZS3	-0.743	0.000	-2.803	0.000	-14.235	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
0.000	ZS4	0.000	0.255	0.000	-0.007	0.000	1.506	151	Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
6.274	ZS2	-1.331	0.015	-5.879	0.000	-6.273	-0.018	331	Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
3.262	ZS2	-0.817	-0.003	-0.010	0.000	3.591	-0.009	371	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.4, obecná metoda
7	Continuous members 2 (prut č. 3-5)								
6.274	ZS3	-0.671	0.000	0.387	0.000	-0.210	0.000	100	Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
0.000	ZS3	-0.490	0.000	-2.690	0.000	13.671	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
6.274	ZS4	0.000	-0.255	0.000	0.007	0.000	1.506	116	Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
3.262	ZS2	-0.285	0.003	-6.060	0.000	-6.277	-0.020	121	Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1.004	ZS2	-1.142	0.003	3.747	0.000	-0.181	-0.004	122	Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - třída 3
0.000	ZS2	-1.305	0.003	5.615	0.000	-4.879	-0.001	126	Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
0.000	ZS3	-0.490	0.000	-2.690	0.000	13.671	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
6.274	ZS4	0.000	-0.255	0.000	0.007	0.000	1.506	151	Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
0.000	ZS2	-1.331	-0.015	5.879	0.000	-6.273	-0.020	331	Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
0.000	ZS2	-1.305	0.003	5.615	0.000	-4.879	-0.001	371	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.4, obecná metoda

Obr. 4.8: Dialog 3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

V tomto dialogu se zobrazí u každé sady prutů rozhodující vnitřní síly, které v případě jednotlivých posouzení vyvozují největší využití.

## 4.8 Štíhlosti prutů

3.3 Štíhlosti prutů

Prut č.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Namáhání	Délka L [m]	$k_y$ [ ]	Hlavní osa y $i_y$ [cm]	$\lambda_y$ [ ]	$k_z$ [ ]	Vedlejší osa z $i_z$ [cm]	$\lambda_z$ [ ]		
1	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
2	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
3	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
4	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	0.500	3.78	43.129	
5	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
6	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
7	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	1.000	3.78	86.258	
8	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
11	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
12	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
13	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
14	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	1.000	3.78	86.258	
15	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
16	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
17	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	1.000	3.78	86.258	
18	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
21	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
22	Tlak / ohyb	6.000	1.000	16.54	36.265	1.000	3.95	151.807	
23	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
24	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	1.000	3.78	86.258	
25	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
26	Tlak / ohyb	6.274	1.000	14.96	41.939	1.000	3.78	165.880	
27	Tlak / ohyb	3.262	1.000	14.96	21.808	1.000	3.78	86.258	
28	Tlak / ohyb	3.011	1.000	14.96	20.129	1.000	3.78	79.618	
31	Tlak / ohyb	3.000	1.000	16.54	18.133	1.000	3.95	75.904	
32	Tlak / ohyb	3.000	1.000	16.54	18.133	1.000	3.95	75.904	
33	Tlak / ohyb	3.000	1.000	5.73	52.380	1.000	3.52	85.234	
34	Tlak / ohyb	3.546	1.000	5.73	61.913	1.000	3.52	100.746	
35	Tlak / ohyb	3.000	1.000	5.73	52.380	1.000	3.52	85.234	
36	Tlak / ohyb	4.094	1.000	5.73	71.482	1.000	3.52	116.316	

Pruty s tlakem / ohybem:  
 Max  $\lambda_y$ : 71.482 ≤ 200  
 Max  $\lambda_z$ : 165.880 ≤ 200

Obr. 4.9: Dialog 3.3 Štíhlosti prutů

Detaily...

Tento výstupní dialog se zobrazí, pokud jsme v dialogu *Detaily* v záložce *Ostatní* označili příslušné políčko (viz obr. 3.8, strana 50).

Detaily...

V tabulce se uvádí účinné štíhlostní poměry posuzovaných prutů v obou hlavních směrech v závislosti na typu zatížení a v dolní části dialogu se pak porovnávají s mezními hodnotami stanovenými v dialogu *Detaily* v záložce *Ostatní* (viz obr. 3.8, strana 50).

Pruty typu „tahový prut“ či „lano“ jsou z tabulky vyřazeny.

Tabulka je pouze informativní, protože stabilitní posouzení štíhlosti se neprovádí.

## 4.9 Výkaz materiálu po prutech

Nakonec se zobrazí seznam všech profilů použitých v daném návrhovém případě.

4.1 Výkaz materiálu po prutech

Položka č.	A Označení průřezu	B Počet prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Plocha [m <sup>2</sup> ]	F Objem [m <sup>3</sup> ]	G Měr. hmotn. [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmotn. [t]
1	1 - IPE 400   DIN 1025-5:1994	6	6.00	36.00	52.81	0.30	66.33	397.99	2.388
2	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994 ... 3 - IPE 450	8	3.01	24.09	35.63	0.21	67.31	202.70	1.622
3	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	8	3.26	26.10	35.31	0.19	57.07	186.19	1.490
4	2 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	8	6.27	50.19	67.91	0.36	57.07	358.05	2.864
5	1 - IPE 400   DIN 1025-5:1994	4	3.00	12.00	17.60	0.10	66.33	199.00	0.796
6	10 - HE A 140   DIN 1025-3:1994	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE A 140   DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE A 140   DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - HE A 200   DIN 1025-3:1994	4	3.00	12.00	13.68	0.06	42.23	126.70	0.507
10	6 - HE A 160   DIN 1025-3:1994	3	3.00	9.00	8.15	0.03	30.46	91.37	0.274
11	6 - HE A 160   DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	6.43	0.03	30.46	108.00	0.216
12	6 - HE A 160   DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.71	0.02	30.46	124.70	0.125
13	7 - HE A 120   DIN 1025-3:1994	4	6.27	25.10	16.99	0.06	19.86	124.60	0.498
14	9 - IPE 360   DIN 1025-5:1994	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
15	6 - HE A 160   DIN 1025-3:1994	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
16	6 - HE A 160   DIN 1025-3:1994	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
17	12 - QRO 80x4   DIN 59410:1974	25	5.00	125.00	39.13	0.15	9.42	47.10	1.178
18	13 - Kruh 2,4	4	7.81	31.24	2.36	0.01	3.55	27.74	0.111
19	13 - Kruh 2,4	8	8.02	64.18	4.84	0.03	3.55	28.49	0.228
Celkem		102		516.46	406.51	2.07			16.262

Obr. 4.10: Dialog 4.1 Výkaz materiálu po prutech

Detaily...

Při standardním nastavení bude seznam obsahovat jen posuzované pruty. Pokud chceme, aby výkaz zahrnoval všechny pruty v modelu konstrukce, lze upravit nastavení v záložce *Ostatní* dialogu *Detaily...* (viz obr. 3.8, strana 50).

### Položka č.

Stejným prutům se automaticky přiřadí stejné číslo položky.

### Označení průřezu

V tomto sloupci se zobrazí čísla a označení průřezů.

### Počet prutů

U každé položky se uvede počet stejných použitých prutů.

### Délka

V tomto sloupci se zobrazí délka jednotlivých prutů.

### Celková délka

Údaj v tomto sloupci je součinem hodnot uvedených v obou předešlých sloupcích.

### Plocha

V tomto sloupci je uvedena plocha ve vztahu k celkové délce příslušné položky. Tato plocha se spočítá na základě *plochy pláště* daných průřezů, kterou lze zkontrolovat po kliknutí na tlačítko [Informace o průřezu...] v dialogu 1.3 nebo také 2.1 až 2.5 (viz obr. 2.19, strana 21).

### Objem

Objem položky se spočítá na základě plochy průřezu a celkové délky.



### Měrná hmotnost

Měrná hmotnost průřezu představuje hmotnost na 1 m délky. V případě průřezů s náběhy se měrná hmotnost spočítá jako průměr hodnot obou průřezů.

### Hmotnost

Údaj v tomto sloupci se vypočítá jako součin hodnot ve sloupci C a G.

### Celková hmotnost

V posledním sloupci v tabulce se zobrazí celková hmotnost dané položky.

### Celkem

V řádce pod seznamem je uveden součet hodnot ve sloupcích B, D, E, F a I. V poli *Celková hmotnost* vidíme celkové požadované množství oceli.

## 4.10 Výkaz materiálu po sadách prutů

4.2 Výkaz materiálu po sadách prutů

Položka č.	A Označení sady prutů	B Počet sad prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Plocha [m <sup>2</sup> ]	F Objem [m <sup>3</sup> ]	G Měr. hmot. [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmotn. [t]
1	Continuous members 1	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
2	Continuous members 2	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
3	Continuous members 4	1	12.55	12.55	8.49	0.03	19.86	249.21	0.249
4	Continuous members 5	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
Celkem		4		50.19	60.56	0.32			2.490

Obr. 4.11: Dialog 4.2 Výkaz materiálu po sadách prutů

Poslední výstupní dialog se zobrazí, pokud jsme k posouzení vybrali alespoň jednu sadu prutů. Výhodou je, že se tu zobrazí souhrnný výkaz materiálu pro celou skupinu prvků (např. pro příčel).

Jednotlivé sloupce tabulky popisujeme v předchozí kapitole. V případě, že sada prutů se skládá z různých průřezů, stanoví se plocha, objem a měrná hmotnost jako průměr příslušných hodnot.

## 5. Vyhodnocení výsledků

Výsledky posouzení můžeme různým způsobem vyhodnotit. Velmi užitečná jsou přitom tlačítka pod horní tabulkou s výsledky posouzení.

2.4 Posouzení po prutech

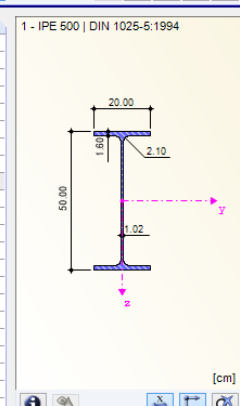
Prut č.	A Místo x [m]	B Zatěžování	C Návrhové využití	D	E Posouzení podle vzorce
1	Průřez č. 1 - IPE 500   DIN 1025-5:1994				
	0.000	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
	5.077	ZS3	0.03	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	0.000	ZS3	0.01	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS3	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	5.077	ZS3	0.03	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	0.923	ZS3	0.19	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
	0.000	ZS1	0.00	≤ 1	400) Použitelnost - malé, resp. velmi malé deformace
	3.429	ZS1	0.08	≤ 1	401) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr z
	3.000	ZS4	0.23	≤ 1	406) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr y

Max: 0.49 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 1 - x: 5.077 m - ZS3









- ☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | ČSN EN 1993-1-1:2005-05
- ☑ Průřezové charakteristiky - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
- ☑ Návrhové vnitřní síly
- ☑ Klasifikace průřezu - třída 1
- ☑ Posouzení


	$M_{y,Ed}$	14.933	kNm	
Moment	$f_y$	23.50 <td>kN/cm<sup>2</sup></td> <td>3.2.1</td>	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1
Mez kluzu	$\gamma_{M0}$	1.000		6.1
Dířící součinitel únosnosti	$M_{pl,y,Rd}$	517.000 <td>kNm</td> <td>Rov. (6.13)</td>	kNm	Rov. (6.13)
Únosnost v ohybu	$V_{z,Ed}$	0.403 <td>kN</td> <td></td>	kN	
Posouvající síla	$A_{v,z}$	60.35 <td>cm<sup>2</sup></td> <td>6.2.6(3)</td>	cm <sup>2</sup>	6.2.6(3)
Účinná smyková plocha	$V_{pl,z,Rd}$	818.840 <td>kN</td> <td>Rov. (6.18)</td>	kN	Rov. (6.18)
Únosnost ve smyku	$v_z$	0.000 <td></td> <td>≤ 0.5 6.2.8(2)</td>		≤ 0.5 6.2.8(2)
Kritérium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	$M_{c,y,Rd}$	517.000 <td>kNm</td> <td>Rov. (6.13)</td>	kNm	Rov. (6.13)
Únosnost v ohybu	$\eta$	0.03 <td></td> <td>≤ 1 (6.30)</td>		≤ 1 (6.30)
Posouzení				



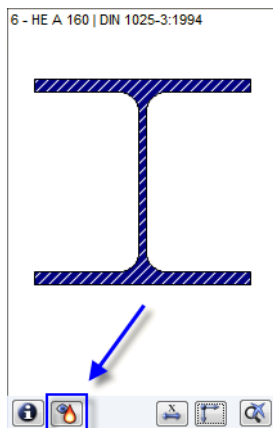
Obr. 5.1: Tlačítka pro vyhodnocení výsledků

Tlačítka mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Posouzení na únosnost	Zobrazí, popř. skryje výsledky posouzení mezního stavu únosnosti.
	Posouzení na použitelnost	Zobrazí, popř. skryje výsledky posouzení mezního stavu použitelnosti.
	Posouzení požární odolnosti	Zobrazí, popř. skryje výsledky posouzení požární odolnosti.
	Zobrazit barvy v tabulce	Zobrazí barevné pozadí v tabulkách výsledků podle referenční stupnice.
	Zobrazit řádky s poměrem > 1	Zobrazí pouze řádky s využitím větším než 1, kdy posouzení není splněno.
	Zobrazit grafy výsledků aktuálního prutu	Otevře diagram <i>Průběhy výsledků na prutu</i> → kapitola 5.2, strana 65.
	Exportovat do MS Excelu nebo OpenOffice.org Calc	Exportuje tabulku do MS Excelu / Calc → kapitola 7.4.3, strana 76.
	Vybrat prut v grafice a přejít na jeho průřez v tabulce	Umožňuje graficky vybrat určitý prut v pracovním okně RFEMu, jehož výsledné hodnoty chceme zobrazit v tabulce.

	Skok do grafiky pro změnu zobrazení	Umožňuje přepnout do pracovního okna RFEMu, kde lze změnit náhled.
---	-------------------------------------	--

Tabulka 5.1: Tlačítka v tabulkách výsledků 2.1 až 2.5



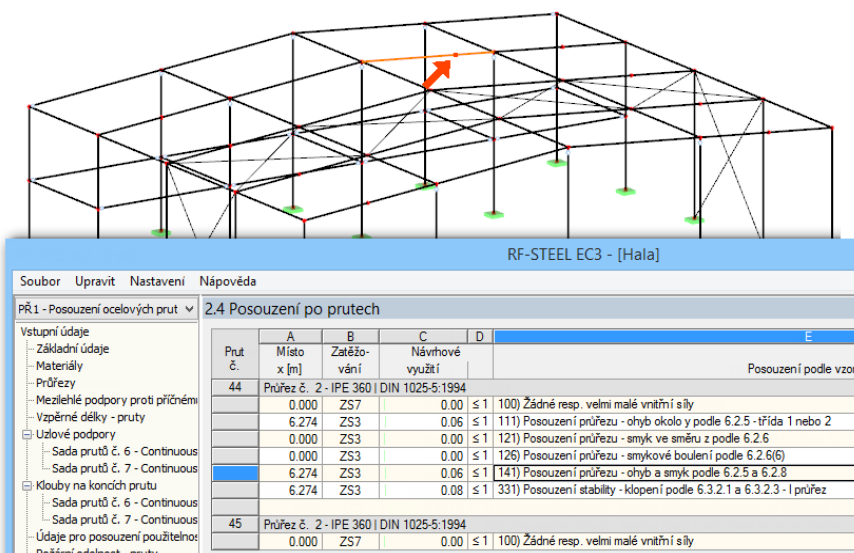
V případě posouzení požární odolnosti si lze prohlédnout i grafické znázornění průběhu teploty oceli. Pomocí tlačítka vyznačeného na obrázku vlevo (nachází se pod schématem průřezu) zobrazíme *teplotní křivky*, které jsou znázorněny na obr. 3.5 až obr. 3.7 (viz strana 48).

## 5.1 Výsledky na modelu v RFEMu

Pro vyhodnocení výsledků posouzení lze využít i pracovní okno RFEMu.

### Grafické zobrazení v RFEMu na pozadí a režim prohlížení

Pracovní okno RFEMu na pozadí může být užitečné, pokud chceme zkontrolovat polohu určitého prutu v modelu. Prut vybraný v tabulce výsledků v modulu RF-STEEL EC 3 se v grafickém okně RFEMu na pozadí zvýrazní odlišnou barvou. Kromě toho se šipkou označí místo  $x$  na prutu, které je uvedeno jako rozhodující v aktuálně vybraném řádku v tabulce.



Obr. 5.2: Vyznačení prutu a aktuálního místa  $x$  v modelu konstrukce v RFEMu

Pokud ani posunem okna RF-STEELu EC 3 nezískáme požadovaný náhled, lze pomocí tlačítka [Skok do grafiky pro změnu zobrazení] přepnout do takzvaného *režimu prohlížení*: okno modulu RF-STEEL EC 3 se vypne a na ploše RFEMu lze nyní upravit náhled. V režimu prohlížení máme k dispozici funkce z nabídky *Zobrazit*, např. zoom, posun nebo natočení náhledu. Šipka, která vyznačuje rozhodující místo  $x$  na prutu, přitom nezmizí.

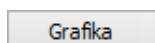
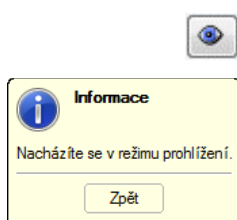
Tlačítkem [Zpět] se můžeme vrátit do modulu RF-STEEL EC 3.

### Pracovní okno RFEMu

Stupně využití lze zkontrolovat také graficky v modelu konstrukce v RFEMu. Pomocí tlačítka [Grafika] modul RF-STEEL EC 3 zavřeme. V pracovním okně RFEMu se pak využití zobrazí graficky.

V navigátoru *Výsledky* lze stanovit, která využití se mají z posouzení únosnosti, použitelnosti nebo požární odolnosti zobrazit.

Stejně jako v případě vnitřních sil lze pomocí tlačítka [Zobrazit výsledky] aktivovat nebo deaktivovat zobrazení výsledků posouzení, pomocí tlačítka po pravé straně [Zobrazit výsledky s hodnotami] lze nastavit zobrazení výsledných číselných hodnot v obrázku.

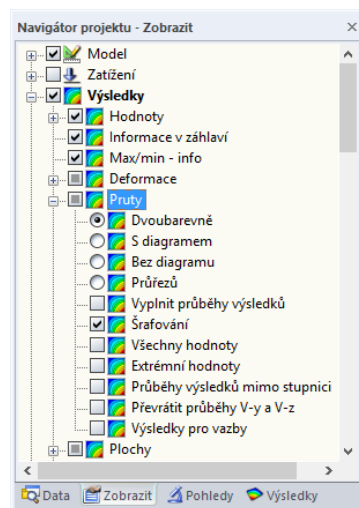
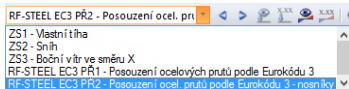




Vzhledem k tomu, že tabulky RFEMu nemají pro vyhodnocení výsledků z modulu RF-STEEL EC3 žádný význam, lze je případně deaktivovat pomocí vlevo znázorněného tlačítka.

Konkrétní návrhový případ lze vybrat ze seznamu případů v panelu nástrojů RFEMu.

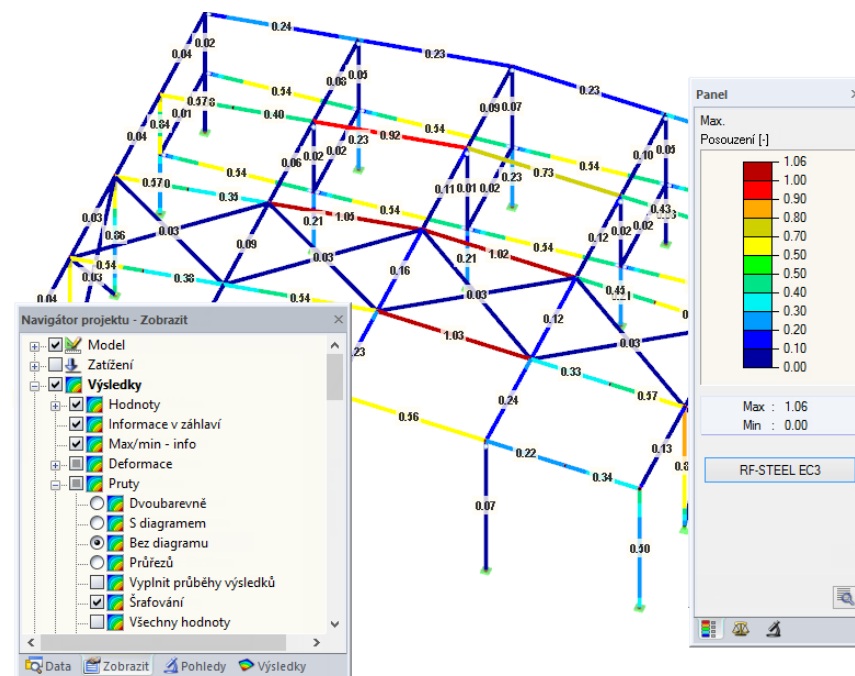
Zobrazení výsledků lze nastavit také z navigátoru *Zobrazit* v položce *Výsledky* → *Pruty*. Standardně se využít zobrazí *dvoubarevně*.



Obr. 5.3: Navigátor *Zobrazit*: *Výsledky* → *Pruty*



Pokud zvolíme vícebarevné zobrazení výsledků (volby *Průřezy* či *S diagramem/Bez diagramu*), budeme mít k dispozici panel s různými možnostmi nastavení barevného zobrazení. Funkce panelu podrobně popisujeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 3.4.6.



Obr. 5.4: Stupně využití při označení možnosti zobrazení *Bez diagramu*

Grafická zobrazení výsledků posouzení lze začlenit do výstupního protokolu (viz kapitola 6.2, strana 68).

Do modulu se vrátíme kliknutím na tlačítko [RF-STEEL EC3].



## 5.2 Průběhy výsledků

Pokud si uživatel chce prohlédnout průběh výsledků na určitém prutu, má k dispozici graf výsledků.



Nejdříve vybereme daný prut nebo sadu prutů ve výstupní tabulce modulu RF-STEEL EC3 tak, že kurzor myši umístíme do řádku s příslušným prutem, a následně pomocí vlevo znázorněného tlačítka graf výsledků otevřeme. Tlačítko se nachází pod tabulkou výsledků v horní části dialogu (viz obr. 5.1, strana 62).

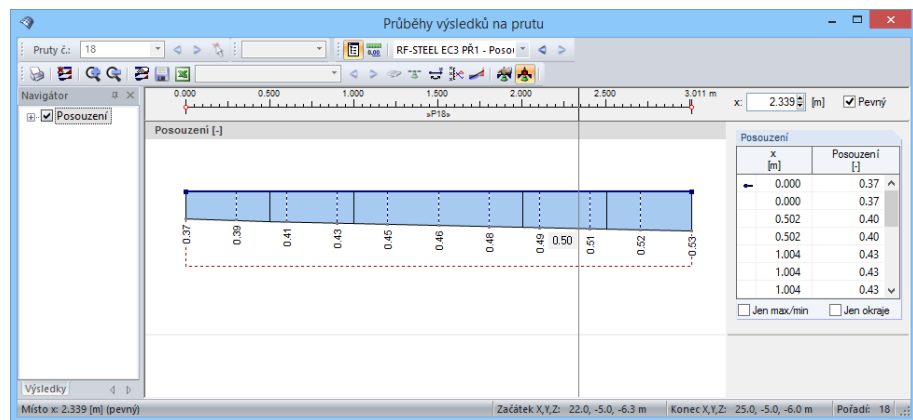
V okně RFEMu lze průběhy výsledků zobrazit příkazem z hlavní nabídky

**Výsledky → Průběhy výsledků na vybraných prutech...**



nebo pomocí příslušného tlačítka v panelu nástrojů.

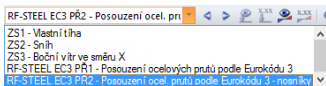
Otevře se okno, v němž je znázorněn průběh výsledků na vybraném prutu nebo sadě prutů.



Obr. 5.5: Dialog *Průběhy výsledků na prutu*

V seznamu v panelu nástrojů můžeme přepínat mezi jednotlivými návrhovými případy.

Podrobný popis dialogu *Průběhy výsledků na prutu* najdeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.5.



## 5.3 Filtrování výsledků

Kromě výstupních tabulek v modulu RF-STEEL EC3, které již svou strukturou umožňují výběr výsledků podle určitých kritérií, lze ke grafickému vyhodnocení výsledků tohoto modulu použít filtrovací funkce, které jsou popsány v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.9.

Pro filtrování prutů k jejich vyhodnocení lze použít takzvané *viditelnosti* (viz manuál k programu RFEM, kapitola 9.9.1).

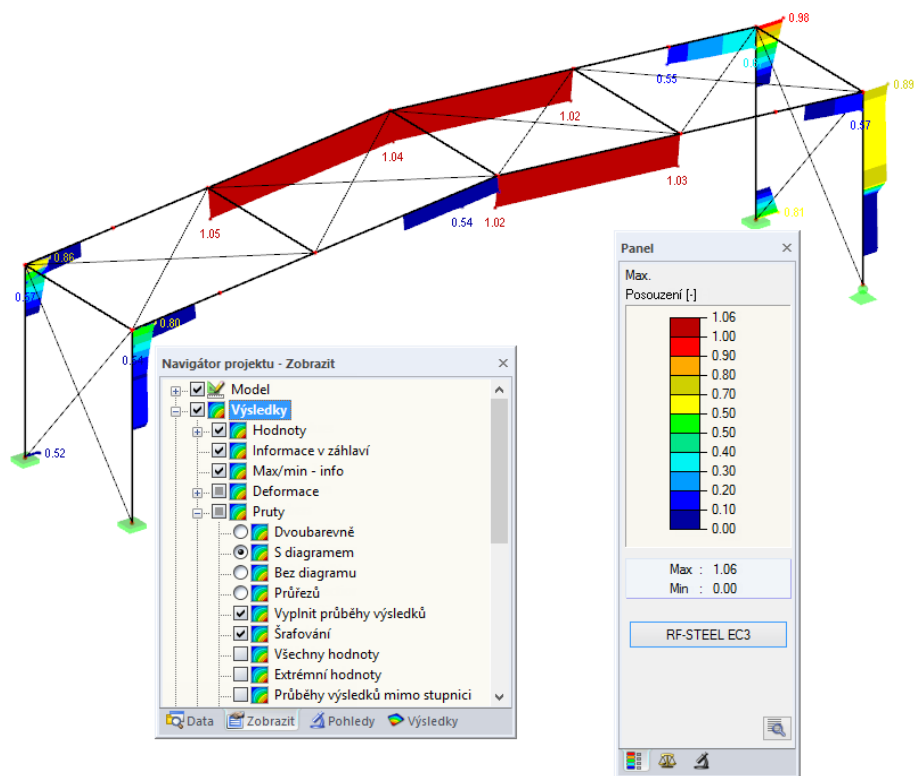
### Filtrování výsledků posouzení

Jako kritérium pro filtrování výsledků v pracovním okně RFEMu, které otevřeme tlačítkem [Grafika], lze stanovit stupně využití. K tomu je třeba zobrazit takzvaný řídicí panel. Pokud není aktivován, můžeme ho zapnout příkazem z hlavní nabídky

#### Zobrazit → Řídicí panel

nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů.

Tento panel popisujeme v kapitole 3.4.6 manuálu k programu RFEM. Kritéria pro filtrování výsledků se nastavují v první záložce panelu (stupnice barev). Vzhledem k tomu, že tato záložka není k dispozici v případě dvoubarevného zobrazení, je třeba v navigátoru *Zobrazit* přepnout na volbu *S diagramem/Bez diagramu* nebo na volbu *Průřezy*.



Obr. 5.6: Filtrování stupňů využití pomocí upravené stupnice barev

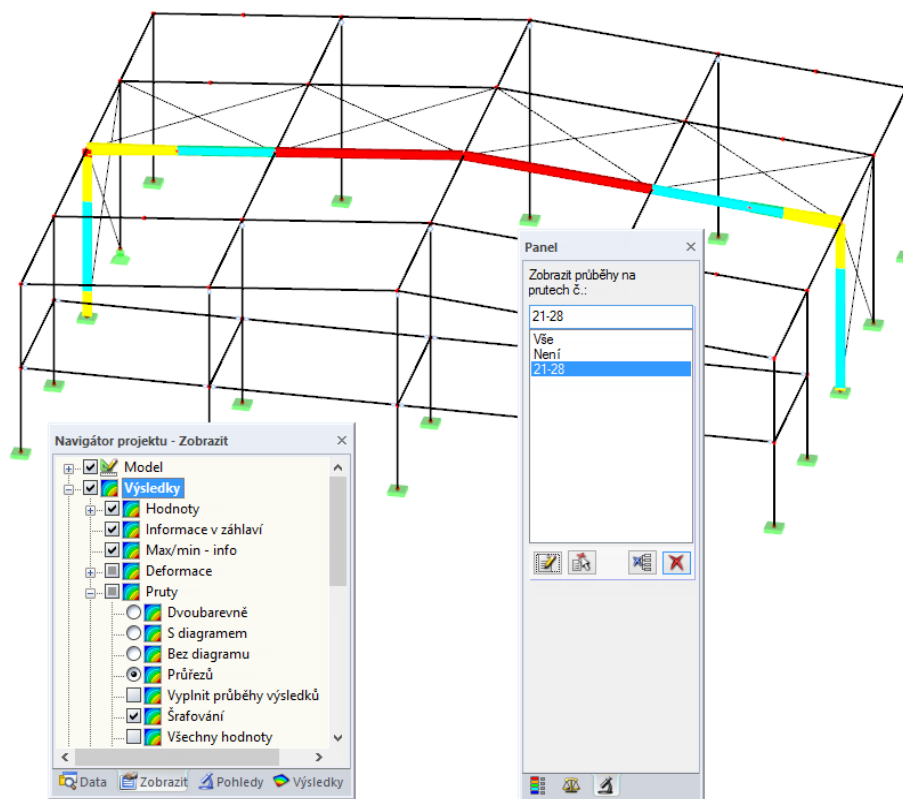
Jak vidíme na obrázku výše, stupnici hodnot v panelu můžeme nastavit tak, aby se zobrazily v barevném rozsahu mezi modrou a červenou barvou pouze stupně využití větší než 0,5.

Pomocí volby *Průběhy výsledků mimo stupnici* (v navigátoru *Zobrazit* v položce *Výsledky* → *Pruty*) lze zobrazit i stupně využití, které danou podmínku nesplňují. Tyto výsledky se pak zobrazí přerušovanou čarou.

## Filtrování prutů



Pokud si přejeme zobrazit v grafickém okně výsledky pouze u některých prutů, můžeme v záložce *Filtr* řídicího panelu zadat jejich čísla. Tuto funkci popisujeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.9.3.



Obr. 5.7: Filtrování prutů pro zobrazení využití rámu haly

Na rozdíl od funkce výřezu se přitom zobrazí kompletní model konstrukce. Na obrázku výše jsou znázorněna využití rámu haly. Ostatní pruty dané konstrukce se v modelu také zobrazí, ovšem bez stupňů využití.

## 6. Výstup

### 6.1 Výstupní protokol

Pro údaje z modulu RF-STEEL EC3 můžeme stejně jako pro data z hlavního programu RFEM vytvořit výstupní protokol, do něhož lze vkládat obrázky nebo vlastní vysvětlivky. Ve výstupním protokolu můžeme také stanovit, které údaje z návrhového modulu se nakonec vytisknou.



Výstupní protokol popisujeme v manuálu k programu RFEM. Důležitá je především kapitola 10.1.3.4 *Výběr dat přídatných modulů*, která pojednává o výběru vstupních a výstupních dat přídatných modulů.

V případě rozsáhlých konstrukcí s mnoha návrhovými případy doporučujeme místo jednoho objemného protokolu vytvořit pro přehlednost a rychlejší zpracování několik menších protokolů.

### 6.2 Tisk zobrazení

Každý obrázek lze z pracovního okna RFEMu převést do výstupního protokolu nebo poslat přímo na tiskárnu. Proto můžeme i stupně využití znázorněné na modelu konstrukce v RFEMu připravit pro tisk.



Tisk grafických zobrazení popisujeme v kapitole 10.2 manuálu k hlavnímu programu RFEM.

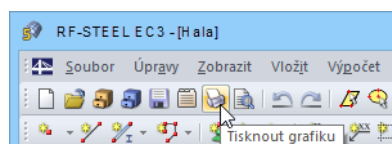
#### Výsledky posouzení na modelu v RFEMu

Aktuální grafické znázornění stupňů využití lze vytisknout příkazem z hlavní nabídky



**Soubor → Tisk grafiky...**

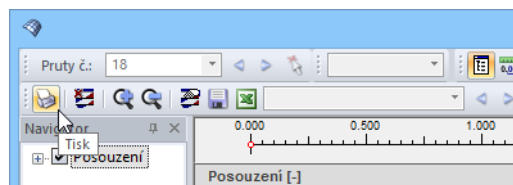
nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů.



Obr. 6.1: Tlačítko *Tisknout grafiku* v panelu nástrojů RFEMu

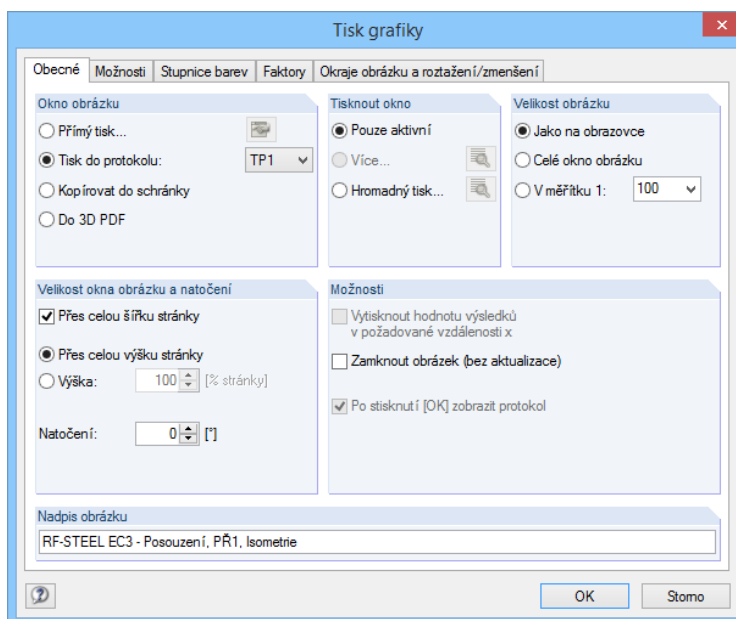
#### Průběhy výsledků

Stejně tak lze do protokolu převzít nebo přímo vytisknout i *průběhy výsledků na prutech* kliknutím na tlačítko [Tisk] v daném okně.



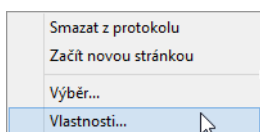
Obr. 6.2: Tlačítko *Tisk* v dialogu *Průběhy výsledků na prutu*

Otevře se následující dialog:

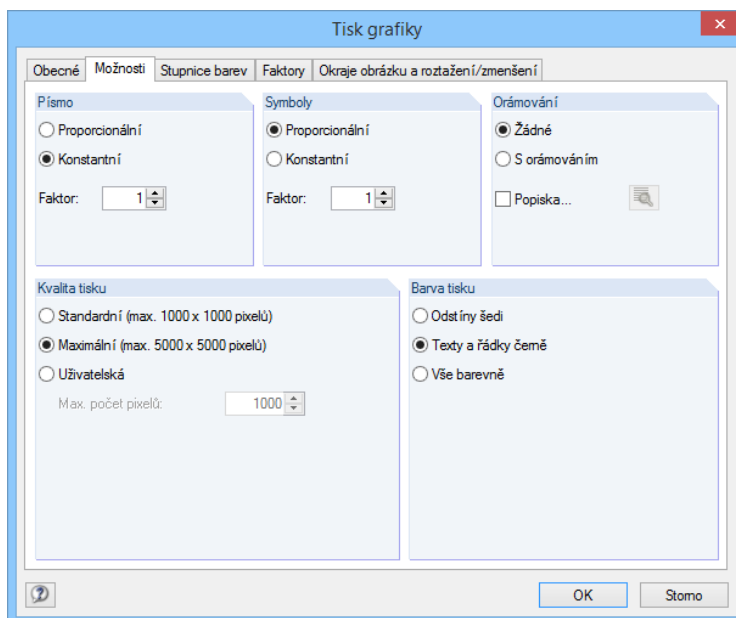
Obr. 6.3: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Obecné*

Tento dialog popisujeme v kapitole 10.2 manuálu k hlavnímu programu RFEM. Zabýváme se v ní i ostatními dvěma záložkami *Možnosti* a *Stupnice barev*.

Grafické zobrazení lze ve výstupním protokolu přesunout na jiné místo pomocí funkce Drag&Drop.



Vložené obrázky lze také dodatečně upravovat: pravým tlačítkem myši klikneme na příslušnou položku v navigátoru protokolu a v její místní nabídce vybereme *Vlastnosti...* Znovu se zobrazí dialog *Tisk grafiky*, v němž lze nastavit případné změny.

Obr. 6.4: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Možnosti*

## 7. Obecné funkce

V této kapitole jsou popsány běžně používané funkce z hlavní nabídky a také možnosti exportu výsledků posouzení.

### 7.1 Návrhové případy

Uživatel má možnost seskupovat pruty do samostatných návrhových případů. Lze tak například posoudit zvlášť určité stavební celky nebo pruty se specifickým zadáním (např. po úpravě materiálů, dílčích součinitelů spolehlivosti nebo optimalizaci).

Tentýž prut (či sadu prutů) můžeme bez problému posuzovat v různých návrhových případech.

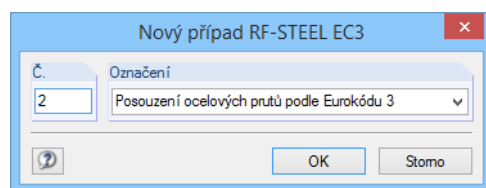
Seznam zatěžovacích stavů v panelu nástrojů RFEMu obsahuje také návrhové případy z modulu RF-STEEL EC3.

#### Vytvoření nového návrhového případu

Nový návrhový případ lze vytvořit příkazem z hlavní nabídky v modulu RF-STEEL EC3

**Soubor** → **Nový případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 7.1: Dialog *Nový případ RF-STEEL EC3*

V tomto dialogu je třeba vyplnit (dosud nezadané) *číslo* nového návrhového případu. *Označení* slouží ke snazšímu výběru případů ze seznamu zatěžovacích stavů.

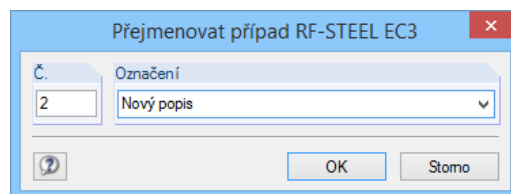
Po kliknutí na [OK] se zobrazí dialog modulu RF-STEEL EC3 1.1 *Základní údaje*, kde zadáme údaje pro posouzení.

#### Přejmenování návrhového případu

Označení návrhového případu lze změnit příkazem z hlavní nabídky modulu RF-STEEL EC3

**Soubor** → **Přejmenovat případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 7.2: Dialog *Přejmenovat případ RF-STEEL EC3*

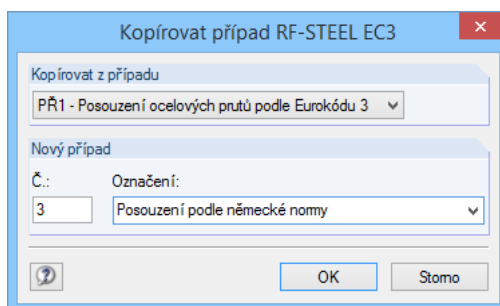
V tomto dialogu můžeme zadat u vybraného návrhového případu nejen jiné *označení*, ale také jiné *číslo*.

## Kopírování návrhového případu

Vstupní údaje aktuálního návrhového případu lze zkopírovat příkazem z hlavní nabídky v modulu RF-STEEL EC3

**Soubor** → **Kopírovat případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 7.3: Dialog *Kopírovat případ RF-STEEL EC3*

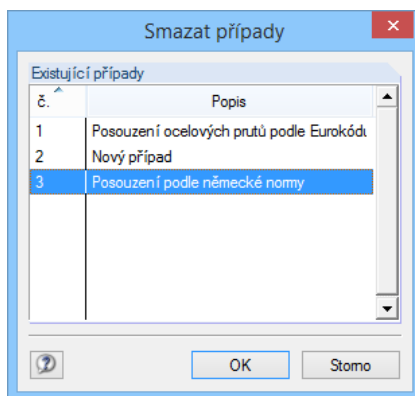
V něm uvedeme *číslo* a případně *označení* nového případu, do něhož se vybraný případ zkopíruje.

## Smazání návrhového případu

Uživatel má možnost návrhové případy opět smazat příkazem z hlavní nabídky v modulu RF-STEEL EC3

**Soubor** → **Smazat případ...**

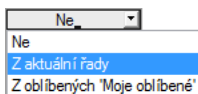
Otevře se následující dialog:



Obr. 7.4: Dialog *Smazat případy*

Návrhový případ můžeme vybrat ze seznamu *Existující případy*. Po kliknutí na tlačítko [OK] se případ smaže.

## 7.2 Optimalizace průřezů



Modul RF-STEEL EC3 nabízí možnost přetížené nebo málo využitě průřezů optimalizovat. Příslušné profily vybereme v dialogu 1.3 *Průřezy*: ve sloupci E, resp. F u nich nastavíme v seznamu, zda se mají spočítat z *aktuální řady* nebo z průřezů zařazených uživatelem mezi *oblíbené* (viz obr. 2.17, strana 19). Optimalizovat průřez lze také příkazem z místní nabídky v tabulkách výsledků.

2.2 Posouzení po průřezech

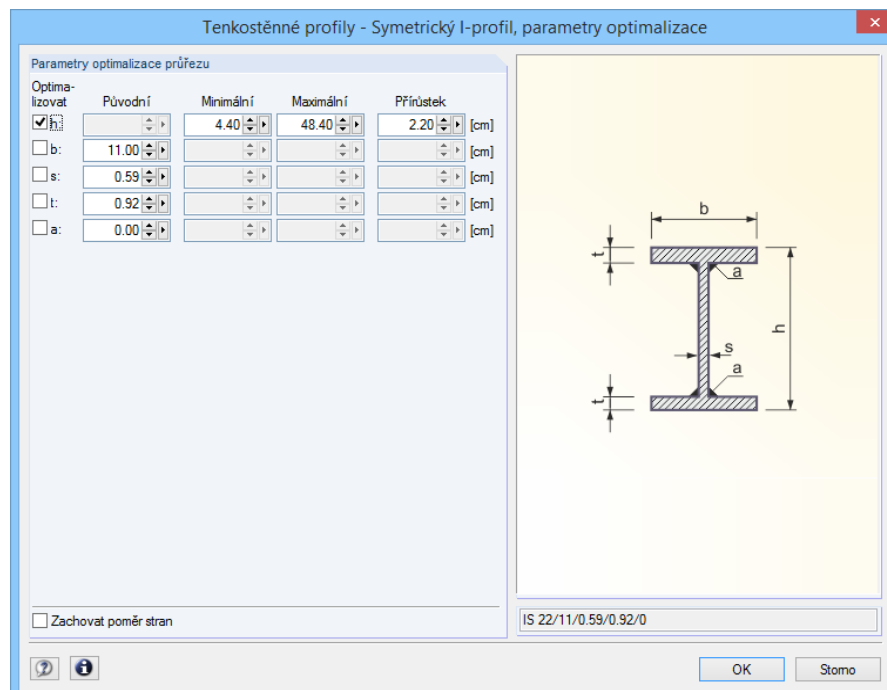
Průřez č.	A Prut č.	B Misto x [m]	C Zatěžování	D Návrhové využití	E	F
1	IPE 500 I DIN 1025-5:1994					Posouzení podle vzorce
1	1	0.000	ZS7	0.00	≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly
31						102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
11						111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
11						121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
39						122) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - třída 3 nebo 4
11						126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
1						141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
31		0.000	ZS7	0.01	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
31		0.000	ZS7	0.02	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)

Max: 0.49 ≤ 1

Obr. 7.5: Místní nabídka s funkcí pro optimalizaci průřezu

Při optimalizaci program prověří, který průřez „optimálně“ vyhovuje posouzení, tzn. nejvíce se blíží maximálnímu přípustnému využití, které jsme stanovili v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.8, strana 50). Na základě vnitřních sil z RFEMu se spočítají nutné průřezové charakteristiky, a pokud se ukáže být některý jiný průřez vhodnější, použije se při posouzení. V dialogu 1.3 se pak zobrazí dva průřezy, jak vidíme na obr. 7.7 – původní průřez z RFEMu a optimalizovaný průřez.

Jakmile zvolíme optimalizaci u parametrizovaných průřezů z databáze, otevře se následující dialog:



Obr. 7.6: Dialog *Svařované profily – Symetrický I-profil, parametry optimalizace*

Ve sloupci *Optimalizovat* nejdříve označíme, které parametry chceme upravit. Zpřístupní se tak sloupce *Minimální* a *Maximální*, v nichž lze uvést horní a dolní hranici optimalizovaného



parametru. Ve sloupci *Přírůstek* je uvedeno, v jakém intervalu se budou měnit rozměry parametru při optimalizačním procesu.

Pokud chceme *zachovat poměr stran*, musíme označit příslušné políčko ve spodní části dialogu. Dále je třeba zaškrtnout alespoň dva parametry pro optimalizaci.

Průřezy z válcovaných profilů nelze optimalizovat.

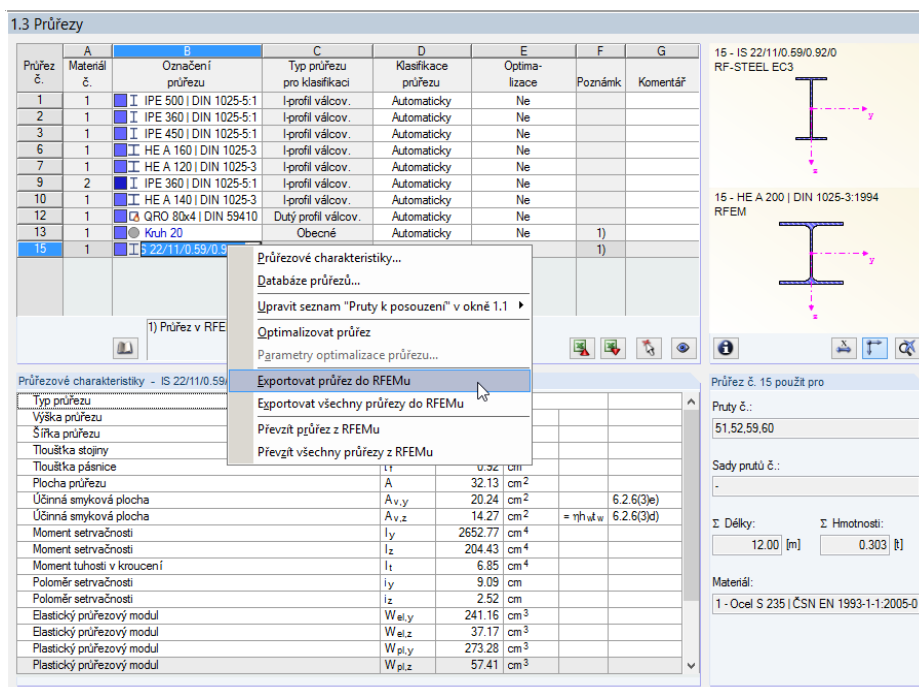


Při optimalizaci je třeba mít na paměti, že vnitřní síly se po úpravě průřezů automaticky znovu nespočítají. Záleží na rozhodnutí uživatele, jaké profily bude chtít převzít do RFEMu a provést nový výpočet. V důsledku změny tuhosti v konstrukci se mohou vnitřní síly spočítané na základě optimalizovaných průřezů značně lišit. Doporučujeme proto po první optimalizaci vnitřní síly přepočítat a následně průřezy ještě jednou optimalizovat.

Upravené průřezy není třeba převádět do RFEMu ručně. Otevřeme dialog 1.3 *Průřezy* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

**Upravit → Exportovat všechny průřezy do RFEMu.**

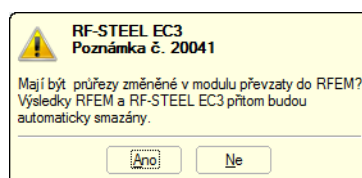
Možnost exportovat optimalizované průřezy do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.3.



Průřez č.	A Materiál č.	B Označení průřezu	C Typ průřezu pro klasifikaci	D Klasifikace průřezu	E Optimalizace	F Poznámka	G Komentář
1	1	I IPE 500   DIN 1025-5:1	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
2	1	I IPE 360   DIN 1025-5:1	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
3	1	I IPE 450   DIN 1025-5:1	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
6	1	I HE A 160   DIN 1025-3	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
7	1	I HE A 120   DIN 1025-3	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
9	2	I IPE 360   DIN 1025-5:1	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
10	1	I HE A 140   DIN 1025-3	I-profil válcov.	Automaticky	Ne		
12	1	QRO 80x4   DIN 59410	Dutý profil válcov.	Automaticky	Ne		
13	1	Kruh 20	Obecné	Automaticky	Ne	1)	
15	1	IS 22/11/0.59/0.9				1)	

Obr. 7.7: Místní nabídka tabulky 1.3 *Průřezy*

Před převzetím průřezů do RFEMu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky.



**RF-STEEL EC3**  
Poznámka č. 20041

Mají být průřezy změněné v modulu převzaty do RFEM?  
Výsledky RFEM a RF-STEEL EC3 přitom budou automaticky smazány.

Ano Ne

Obr. 7.8: Kontrolní dotaz před převzetím upravených průřezů do RFEMu

Výpočet

Pokud pak v modulu RF-STEEL EC3 spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RFEM a výsledky posouzení v RF-STEELu EC3 v jednom výpočetním cyklu.

Jestliže jsme upravené průřezy dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 7.7) znovu načíst původní průřezy z RFEMu do modulu RF-STEEL EC3. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.3 *Průřezy*.



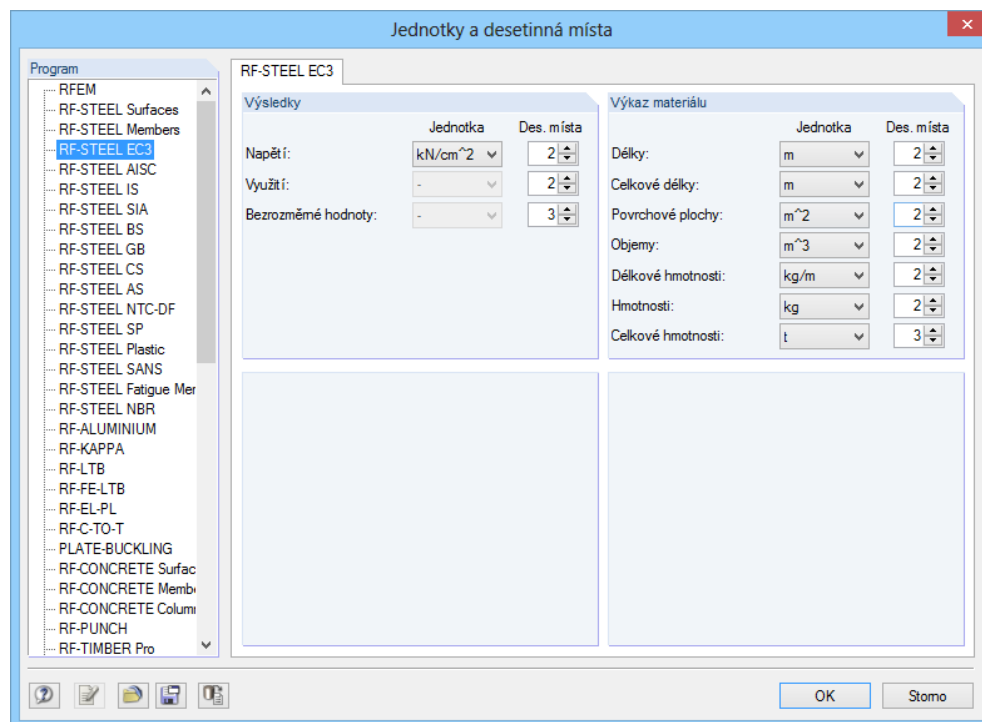
Pokud chceme optimalizovat prut s náběhy, optimalizují se místa na počátku a konci prutu. Následně se provede lineární interpolace momentů setrvačnosti v mezilehlých bodech. Vzhledem k tomu, že do výpočtu vstupují ve čtvrté mocnině, mohou být posouzení v případě velkých rozdílů ve výšce počátečního a koncového průřezu nepřesná. V takovém případě doporučujeme rozdělit náběhy do několika prutů, jejichž počáteční a koncové průřezy nevykazují tak velké rozdíly.

## 7.3 Jednotky a desetinná místa

Jednotky a desetinná místa se pro RFEM i všechny jeho přidavné moduly nastavují společně. V modulu RF-STEEL EC3 otevřeme dialog pro úpravu jednotek příkazem z hlavní nabídky

**Nastavení → Jednotky a desetinná místa...**

Otevře se dialog již dobře známý z RFEMu. V seznamu *Program* je již předem nastaven modul RF-STEEL EC3.



Obr. 7.9: Dialog *Jednotky a desetinná místa*



Nastavení lze uložit jako uživatelský profil a použít i v jiných modelech. Popis příslušných funkcí najdeme v kapitole 11.1.3 v manuálu k programu RFEM.

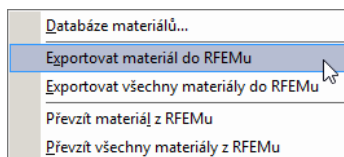
## 7.4 Výměna dat

### 7.4.1 Export materiálů do RFEMu

Pokud v modulu RF-STEEL EC3 změním pro posouzení materiály, pak je lze stejně jako průřezy exportovat do RFEMu. Otevřeme dialog 1.2 *Materiály* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

**Upravit → Exportovat všechny materiály do RFEMu.**

Možnost exportovat upravené materiály do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.2.



Obr. 7.10: Místní nabídka tabulky 1.2 *Materiály*

Výpočet

Před převzetím materiálů do RFEMu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky. Pokud pak v modulu RF-STEEL EC3 spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RFEM a výsledky posouzení v RF-STEELu EC3 v jednom výpočetním cyklu.

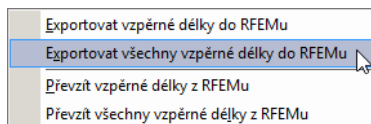
Jestliže jsme upravené materiály dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 7.10) znovu načíst původní materiály z RFEMu do modulu RF-STEEL EC3. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.2 *Materiály*.

### 7.4.2 Export vzpěrných délek do RFEMu

Pokud v modulu RF-STEEL EC3 změním pro posouzení vzpěrné délky, pak je lze také exportovat do RFEMu. Otevřeme dialog 1.5 *Vzpěrné délky - pruty* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

**Upravit → Exportovat všechny vzpěrné délky do RFEMu.**

Možnost exportovat upravené vzpěrné délky do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.5.



Obr. 7.11: Místní nabídka tabulky 1.5 *Vzpěrné délky - pruty*

Před převzetím vzpěrných délek do RFEMu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky.

Jestliže jsme upravené vzpěrné délky dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 7.11) znovu načíst původní vzpěrné délky z RFEMu do modulu RF-STEEL EC3. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.5 *Vzpěrné délky - pruty* a 1.6 *Vzpěrné délky - sady prutů*.

### 7.4.3 Export výsledků

Výsledky posouzení z modulu RF-STEEL EC3 lze použít i v jiných programech.

#### Schránka

Označené řádky v tabulkách výsledků modulu RF-STEEL EC3 lze pomocí tlačítek [Ctrl]+[C] zkopírovat do schránky a následně dvojicí tlačítek [Ctrl]+[V] převést například do některého textového procesoru. Nadpisy sloupců v tabulce exportovány nebudou.

## Výstupní protokol

Údaje z modulu RF-STEEL EC3 lze odeslat do výstupního protokolu (viz kapitola 6.1, strana 68) a odtud pak exportovat příkazem z hlavní nabídky

**Soubor** → **Export do RTF...**

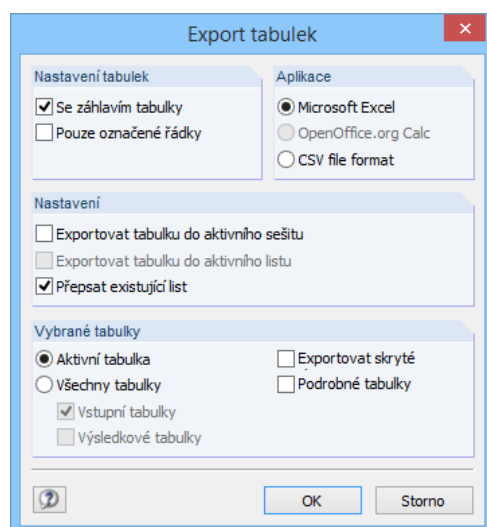
Tuto funkci popisujeme v kapitole 10.1.11 manuálu k programu RFEM.

## Excel / OpenOffice

RF-STEEL EC3 umožňuje přímý export dat do MS Excelu i do aplikace Calc z balíku OpenOffice.org či do formátu CSV. Tuto funkci vyvoláme z hlavní nabídky

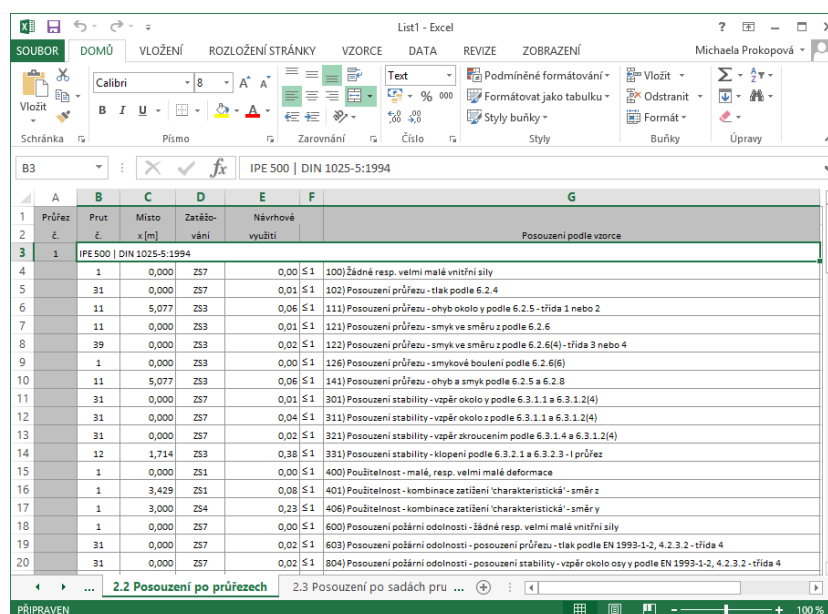
**Soubor** → **Exportovat tabulky...**

Otevře se následující dialog pro export dat:



Obr. 7.12: Dialog *Export - MS Excel*

Jakmile zadáme požadované parametry, můžeme export zahájit kliknutím na tlačítko [OK]. Excel, resp. Calc nemusí běžet na pozadí, před exportem se automaticky spustí.



Průřez	Prut	Místo x [m]	Zatěžování	Návrhové využití	Posouzení podle vzorce
1	0,000	Z57	0,00 ≤ 1	100) Žádné resp. velmi malé vnitřní síly	
2	0,000	Z57	0,01 ≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4	
3	11	5,077	Z53	0,06 ≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
4	11	0,000	Z53	0,01 ≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
5	39	0,000	Z53	0,02 ≤ 1	122) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6(4) - třída 3 nebo 4
6	1	0,000	Z53	0,00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
7	11	5,077	Z53	0,06 ≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
8	31	0,000	Z57	0,01 ≤ 1	301) Posouzení stability - vppěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
9	31	0,000	Z57	0,04 ≤ 1	311) Posouzení stability - vppěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
10	31	0,000	Z57	0,02 ≤ 1	321) Posouzení stability - vppěr zkrucením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.2(4)
11	12	1,714	Z53	0,38 ≤ 1	331) Posouzení stability - kloupení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3-1 průřez
12	1	0,000	Z51	0,00 ≤ 1	400) Použitelnost - malé, resp. velmi malé deformace
13	1	3,429	Z51	0,08 ≤ 1	401) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr z
14	1	3,000	Z54	0,23 ≤ 1	406) Použitelnost - kombinace zatížení 'charakteristická' - směr y
15	1	0,000	Z57	0,00 ≤ 1	600) Posouzení požární odolnosti - žádná resp. velmi malé vnitřní síly
16	31	0,000	Z57	0,02 ≤ 1	603) Posouzení požární odolnosti - posouzení průřezu - tlak podle EN 1993-1-2, 4.2.3.2 - třída 4
17	31	0,000	Z57	0,02 ≤ 1	804) Posouzení požární odolnosti - posouzení stability - vppěr okolo osy y podle EN 1993-1-2, 4.2.3.2 - třída 4

Obr. 7.13: Výsledky v *Excelu*

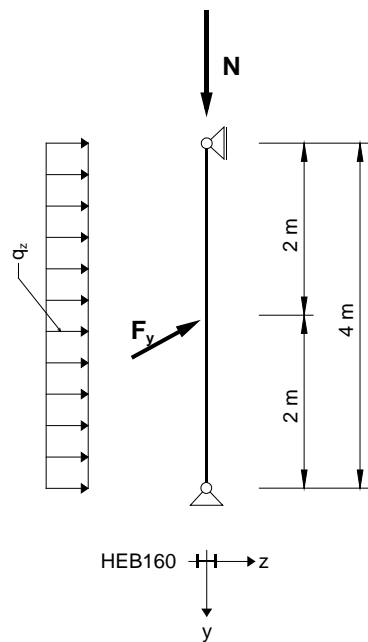
## 8. Příklady

### 8.1 Stabilita

V tomto příkladu sloupu namáhaného dvouosým ohybem provedeme stabilitní posouzení na vzpěr a klopení a analyzujeme příslušné podmínky interakce.

#### Návrhové hodnoty

##### Konstrukce a zatížení



##### Návrhové hodnoty statických zatížení

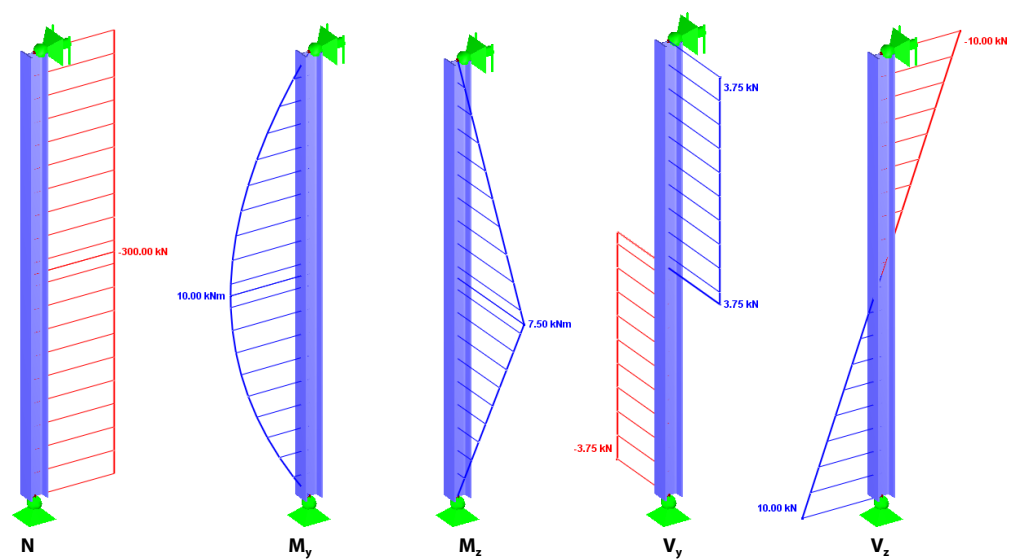
$$N_d = 300 \text{ kN}$$

$$q_{z,d} = 5,0 \text{ kN/m}$$

$$F_{y,d} = 7,5 \text{ kN}$$

Obr. 8.1: Konstrukce a návrhová zatížení (γ násobek)

##### Vnitřní síly podle teorie prvního řádu



Obr. 8.2: Vnitřní síly

**Místo posouzení (rozhodující místo x)**

Posouzení probíhá na všech definovaných místech x (viz kapitola 4.5) náhradního prutu. V rozhodujícím místě  $x = 2,00$  m RFEM spočítal následující vnitřní síly:

$$N = -300,00 \text{ kN} \quad M_y = 10,00 \text{ kNm} \quad M_z = 7,50 \text{ kNm} \quad V_y = 3,75 \text{ kN} \quad V_z = 0,00 \text{ kN}$$

**Průřezové charakteristiky HE-B 160, S 235**

Veličina průřezu	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	54,30	cm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti	$I_y$	2490,00	cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti	$I_z$	889,00	cm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	6,78	cm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	4,05	cm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	7,90	cm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_{p,M}$	41,90	cm
Hmotnost průřezu	G	42,63	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_T$	31,40	cm <sup>4</sup>
Výšečový moment setrvačnosti	$I_{\omega}$	47940,00	cm <sup>6</sup>
Průřezový modul	$W_y$	311,00	cm <sup>3</sup>
Průřezový modul	$W_z$	111,00	cm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	354,00	cm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	169,96	cm <sup>3</sup>
Vzpěrná křivka	$VK_y$	b	
Vzpěrná křivka	$VK_z$	c	

**Vzpěr okolo vedlejší osy ( $\perp$  k ose z-z)**

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 1151,60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{1151,60}} = 1,053$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,053 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Posouzení na vzpěr se musí provést}$$

$$\text{Geometrie profilu: } \frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2 \quad \text{Ocel S 235} \quad t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], tabulka 6.2, řádek 3, sloupec 4: křivka vzpěrné pevnosti c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ (tabulka 6.1)}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,49 \cdot (1,053 - 0,2) + 1,053^2 \right] = 1,263$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,263 + \sqrt{1,263^2 - 1,053^2}} = 0,510$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,510 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,461$$

## Výsledné hodnoty výpočtu v modulu RF-STEEL EC3

Moment setrvačnosti	$I_z$	889,00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	4,000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	1151,60	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{-z}$	1,053		> 0,2	6.3.1.2(4)
Vzpěrná křivka	$VK_z$	c			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0,490			tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_z$	1,263			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z$	0,510			rov. (6.49)

## Vzpěr okolo hlavní osy (⊥ k ose y-y)

$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 3225,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{3225,51}} = 0,629$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,629 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Posouzení na vzpěr se musí provést}$$

$$\text{Geometrie profilu: } \frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2 \quad \text{Ocel S 235} \quad t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], tabulka 6.2, řádek 3, sloupec 4: křivka vzpěrné pevnosti b

$$\Rightarrow \alpha_y = 0,34 \quad (\text{tabulka 6.1})$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,34 \cdot (0,629 - 0,2) + 0,629^2 \right] = 0,771$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,629^2}} = 0,822$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,822 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,286$$

## Výsledné hodnoty výpočtu v modulu RF-STEEL EC3

Moment setrvačnosti	$I_y$	2490,00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	4,000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	3225,51	kN		
Plocha průřezu	A	54,30	cm <sup>2</sup>		
Mez kluzu	$f_y$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>		3.2.1
Poměrná štíhlost	$\lambda_{-y}$	0,629		> 0,2	6.3.1.2(4)
Vzpěrná křivka	$VK_y$	b			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_y$	0,340			tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_y$	0,771			6.3.1.2(1)

Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y$	0,822			rov. (6.49)
-----------------------	----------	-------	--	--	-------------

## Klopení

### Pružný kritický moment při klopení

Pružný kritický moment při klopení se bude v příkladu počítat podle národní přílohy (NP). Předpokladem je kloubové uložení bez omezení deplanace.

Místo působení zatížení je stanoveno ve středu smyku. Místo působení příčných zatížení lze změnit v dialogu *Detaily* (viz kapitola 3.1.2, strana 45).

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr} = 1,13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31,40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215,71 \text{ kNm}$$

Program dále vypočítá  $M_{cr,0}$ , jehož předpokladem je konstantní průběh momentu.



Ve výsledcích pro jednotlivá místa  $x$  se uživateli zobrazí také hodnoty  $M_{cr,x}$ . Jedná se o pružný kritický moment při klopení na daných místech  $x$  vztažený ke kritickému momentu při klopení na místě maximálního momentu. Z momentu  $M_{cr,x}$  se vypočítá poměrná štíhlost při klopení  $\bar{\lambda}_{LT}$ .

### Poměrná štíhlost při klopení

Výpočet probíhá podle [1], kapitoly 6.3.2.2 pro místo maximálního momentu  $x=2,0$  m.

HEB-160, průřez třídy 1:  $W_y \Rightarrow W_{pl,y} = 354,0 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23,5}{215,71}} = 0,621$$

### Součinitel klopení $\chi_{LT}$

Výpočet probíhá podle [1], kapitoly 6.3.2.3.

HEB-160:  $h/b = 1,0 < 2,0 \Rightarrow$  křivka klopení „b“ podle tabulky 6.5

Hodnota pro výpočet součinitele klopení:

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,34 \cdot (0,621 - 0,40) + 0,75 \cdot 0,621^2 \right] = 0,682$$

Parametr (největší hodnota):  $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$

Parametr (nejmenší hodnota):  $\beta = 0,75$

Součinitel imperfekce:  $\alpha_{LT} = 0,34$  (tabulka 6.3)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,682 + \sqrt{0,682^2 - 0,75 \cdot 0,621^2}} = 0,908$$

Podle [1], článku 6.3.2.3 může být součinitel klopení následovně upraven:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{kdy } f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8^2)]$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{0,908}{0,972} = 0,934$$



V případě parabolického průběhu momentu je hodnota opravného součinitele  $k_c$ :

$$k_c = 0,94 \quad (\text{tabulka 6.6})$$

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \cdot (1 - 0,94) \cdot [1 - 2,0 \cdot (0,621 - 0,8)^2] = 0,972$$

### Interakční součinitele $k_{yy}$ a $k_{yz}$

Tyto interakční součinitele se počítají podle [1], přílohy B, tabulky B.2 pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení.

Součinitel ekvivalentního momentu  $C_{mLT}$  se stanoví podle tabulky B.3 pro  $\psi=0$  následovně:

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 \quad \text{kdy} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 \cdot (1 + (0,629 - 0,2) \cdot 0,286) \leq 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0,286) = \underline{\underline{1,067}} \leq 1,167$$

$$k_{yz} = 0,60 \cdot k_{zz} = 0,60 \cdot 1,481 = \underline{\underline{0,888}}$$

### Interakční součinitele $k_{zy}$ a $k_{zz}$

Tyto interakční součinitele se počítají podle [1], přílohy B, tabulky B.2 pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení.

Součinitel ekvivalentního momentu  $C_{mLT}$  se stanoví podle tabulky B.3 pro  $\psi=0$  následovně:

$$C_{mz} = 0,90 + 0,01 \cdot \alpha_h = 0,90 \quad \text{kdy} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \geq \left( 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot 1,053}{(0,95 - 0,25)} \cdot 0,461 \right) \geq \left( 1 - \frac{0,1}{(0,95 - 0,25)} \cdot 0,461 \right) = 0,892 \leq 0,934$$

$$k_{zy} = \underline{\underline{0,934}}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left( 1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,90 \cdot (1 + (2 \cdot 1,053 - 0,6) \cdot 0,461) \leq 0,90 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,461) = 1,525 \geq 1,481$$

$$k_{zz} = \underline{\underline{1,481}}$$

### Posouzení interakce pro vzpěr okolo hlavní osy a pro klopení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \text{podle [1], rov. (6.61)}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 354 \cdot 23,5 = 8319 \text{ kNcm} = 83,19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 169,96 \cdot 23,5 = 3994,1 \text{ kNcm} = 39,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{300}{0,822 \cdot \frac{1276,05}{1,0}} + 1,067 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot \frac{83,19}{1,0}} + 0,888 \cdot \frac{7,50}{\frac{39,94}{1,0}} = \underline{\underline{0,594 \leq 1}}$$

**Posouzení interakce pro vzpěr okolo vedlejší osy a pro klopení**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \text{podle [1], rov. (6.62)}$$

$$\frac{300}{0,510 \cdot \frac{1276,05}{1,0}} + 0,934 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot \frac{83,19}{1,0}} + 1,481 \cdot \frac{7,50}{\frac{39,94}{1,0}} = \underline{\underline{0,863 \leq 1}}$$

**Výsledné hodnoty výpočtu v modulu RF-STEEL EC3**

Výška průřezu	h	160,0	mm		
Šířka průřezu	b	160,0	mm		
Kritérium	h/b	1,00		≤ 2	tab. 6.5
Křivka klopení	VK <sub>LT</sub>	b			tab. 6.5
Součinitel imperfekce	α <sub>LT</sub>	0,340			tab. 6.3
Smykový modul	G	8100,00	kN/cm <sup>2</sup>		
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>z</sub>	1,000			
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>w</sub>	1,000			
Délka	L	4,000	m		
Výšečový moment setrvačnosti	I <sub>w</sub>	47940,00	cm <sup>6</sup>		
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	31,40	cm <sup>4</sup>		
Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	M <sub>cr,0</sub>	190,90	kNm		
Průběh momentu	Diagr M <sub>y</sub>	6) Parabola			
Maximální moment v poli	M <sub>y,max</sub>	10,00	kNm		
Koncový moment	M <sub>y,A</sub>	0,00	kNm		
Poměr momentů	ψ	0,000			
Momentový součinitel	C <sub>1</sub>	1,130			[2]
Pružný kritický moment při klopení	M <sub>cr</sub>	215,71	kNm		
Průřezový modul	W <sub>y</sub>	354,00	cm <sup>3</sup>		
Poměrná štíhlost	λ <sub>-LT</sub>	0,621			6.3.2.2(1)
Parametr	λ <sub>-LT,0</sub>	0,400			6.3.2.3(1)
Parametr	β	0,750			6.3.2.3(1)
Pomocný součinitel	Φ <sub>LT</sub>	0,682			6.3.2.3(1)
Součinitel klopení	χ <sub>LT</sub>	0,908			rov. (6.57)
Opravný součinitel	k <sub>c</sub>	0,940			6.3.2.3(2)
Součinitel pro výpočet	f	0,972			6.3.2.3(2)

upraveného součinitele klopení				
Upravený součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0,934		rov. (6.58)
Průběh momentu	Diagr $M_y$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\Psi_y$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,y}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,y}$	10,00	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnoměrné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{my}$	0,950		tab. B.3
Průběh momentu	Diagr $M_z$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\Psi_z$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,z}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,z}$	7,50	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,z} / M_{s,z}$	$\alpha_{h,z}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Zatížení y	Soustředěné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{mz}$	0,900		tab. B.3
Průběh momentu	Diagr $M_{y,LT}$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\Psi_{y,LT}$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,y,LT}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,y,LT}$	10,00	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,y,LT} / M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnoměrné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{mLT}$	0,950		tab. B.3
Typ dílce	Dílec	Náchylný ke zkroucení		
Součinitel interakce	$k_{yy}$	1,067		tab. B.2
Součinitel interakce	$k_{yz}$	0,888		tab. A.1
Součinitel interakce	$k_{zy}$	0,934		tab. A.1
Součinitel interakce	$k_{zz}$	1,481		tab. A.1
Osová síla (tlak)	$N_{Ed}$	300,00	kN	
Rozhodující průřezová plocha	$A_i$	54,30	cm <sup>2</sup>	tab. 6.7
Charakteristická hodnota únosnosti v tlaku	$N_{Rk}$	1276,05	kN	tab. 6.7
Dílčí součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M1}$	1,000		6.1
Složka posouzení N	$\gamma_{Ny}$	0,29		≤ 1 rov. (6.61)
Složka posouzení N	$h_{Nz}$	0,46		≤ 1 rov. (6.62)
Moment	$M_{y,Ed}$	10,00	kNm	
Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu	$M_{y,Rk}$	83,19	kNm	tab. 6.7
Složka momentu	$\eta_{My}$	0,13		rov. (6.61)

Moment	$M_{z,Ed}$	7,50	kNm		
Průřezový modul	$W_z$	169,96	cm <sup>3</sup>		
Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu	$M_{z,Rk}$	39,94	kNm		tab. 6.7
Složka momentu	$\eta_{Mz}$	0,19			rov. (6.61)
Posouzení 1	$\eta_1$	0,59		$\leq 1$	rov. (6.61)
Posouzení 2	$\eta_2$	0,86		$\leq 1$	rov. (6.62)

## 8.2 Požární odolnost

V tomto příkladu předvedeme posouzení ocelového sloupu na účinky požáru.

### Konstrukce a zatížení



Průřez sloupu: HE-B 300, ocel S235

Konstrukce: kyvná stojka,  $\beta = 1,0$

Výška konstrukce: 3,00 m

Zatížení:  $G_k = 1200$  kN

$Q_k = 600$  kN

Obr. 8.3: Konstrukce a zatížení

### Posouzení mezního stavu únosnosti při pokojové teplotě

#### Vzpěr okolo vedlejší osy ( $\perp$ k ose z-z)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 8560,00 \cdot \pi^2}{300,00^2} = 19712,90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{149,0 \cdot 24,0}{19712,90}} = 0,426$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,426 > 0,2 \quad \rightarrow \text{Posouzení na vzpěr se musí provést}$$

$$\text{Geometrie profilu: } \frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2 \quad \text{Ocel S 235} \quad t \leq 100 \text{ mm}$$

[1], tabulka 6.2, řádek 3, sloupec 4: křivka vzpěrné pevnosti c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ (tabulka 6.1)}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,49 \cdot (0,426 - 0,2) + 0,426^2 \right] = 0,646$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,646 + \sqrt{0,646^2 - 0,426^2}} = 0,884$$

$$N_{Ed} = 1,35 * G_k + 1,5 * Q_k = 1,35 * 1200 + 1,5 * 600 = 2520 \text{ kN}$$

**Posouzení**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{2520}{0,884 \cdot 149,0 \cdot 24,0 / 1,1} = 0,877 \leq 1,0$$

**Výsledné hodnoty výpočtu v modulu RF-STEEL EC3**

Moment setrvačnosti	$I_z$	8560,00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	3,000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	19712,9	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{-z}$	0,4259		> 0,2	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	$VK_z$	c			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0,490			tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_z$	0,646			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z$	0,884			rov. (6.49)
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,z,Rd}$	2872,27	kN		rov. (6.47)
Posouzení	$\eta$	0,877		$\leq 1,0$	rov. (6.46)

**Posouzení za požární situace**

Po 90 minutách vystavení účinkům požáru je podle normové teplotní křivky průměrná teplota oceli 524 °C.

Jako typ ochrany byl zvolen obklad z protipožárních GFK desek s následujícími vlastnostmi:

Objemová tíha:  $\rho_p = 945,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tepelná vodivost:  $\lambda_p = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{k}}$

Měrné teplo:  $c_p = 1700 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Tloušťka:  $d_p = 18 \text{ mm}$

**Výpočet redukčních součinitelů**

$k_{y,\theta} = 0,703$  podle [2], tabulky 3.1

$k_{E,\theta} = 0,528$  podle [2], tabulky 3.1

**Posouzení za požární situace podle [2], 4.2.3.2**

Součinitel imperfekce  $\alpha$ :

$$\alpha = 0,65 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 * \sqrt{\frac{235}{240}} = 0,643$$

Bezrozměrná poměrná štíhlost  $\bar{\lambda}_{\theta}$ :

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} * \left[ \frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0,5} = 0,426 * \left[ \frac{0,703}{0,528} \right]^{0,5} = 0,491$$

Pomocný součinitel:

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} * \left[ 1 + \alpha * \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2 \right] = \frac{1}{2} * \left[ 1 + 0,643 * 0,491 + 0,491^2 \right] = 0,778$$

Součinitel vzpěrnosti při návrhové požární situaci:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} = \frac{1}{0,778 + \sqrt{0,778^2 - 0,491^2}} = 0,723$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prvku:

$$N_{b,fi,Rd} = \frac{\chi_{fi} * A * k_{y,\theta} * f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{0,723 * 149,0 * 0,703 * 24}{1,0} = 1817,83$$

Zatížení při požární situaci:

$$N_{fi,Ed} = 1,0 * G_k + 0,9 * Q_k = 1,0 * 1200 + 0,9 * 600 = 1740 \text{ kN}$$

**Posouzení**

$$\eta = \frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,Rd}} = \frac{1740}{1817,83} = 0,957 \leq 1,0$$

**Výsledné hodnoty výpočtu v modulu RF-STEEL EC3**

Redukční součinitel	$k_{y,\theta}$	0,703		EN 1993-1-2, tab. 3.1
Redukční součinitel	$k_{E,\theta}$	0,528		EN 1993-1-2, tab. 3.1
Poměrná štíhlost	$\lambda_{-z,\theta}$	0,4915		EN 1993-1-2, rov. (4.7)
Součinitel imperfekce	$\alpha$	0,6432		EN 1993-1-2, 4.2.3.2(2)
Pomocný součinitel	$\Phi_{z,\theta}$	0,778		EN 1993-1-2, 4.2.3.2(2)
Součinitel vzpěrnosti při návrhové požární situaci	$\chi_{z,fi}$	0,723		EN 1993-1-2, rov. (4.6)
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,fi,z,\theta,Rd}$	1817,83	kN	
Posouzení	$\eta$	0,957		$\leq 1,0$ EN 1993-1-2, rov. (4.1)

## A Literatura

- [1] ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [2] ČSN EN 1993-1-2: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru, 2006
- [3] ČSN EN 1993-1-3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily, 2008
- [4] ČSN EN 1993-1-4: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-4: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro korozivzdorné oceli, 2008
- [5] Tragwerke aus Stahl nach Eurocode 3, Werner, 1. Auflage 1996
- [6] The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3 , TRAHAIR N.S., BRADFORD M.A., NETHERCOT D.A., GARDNER L., Taylor & Francis Ltd 2007
- [7] Rules for Member Stability in EN 1993-1-1, ECCS Technical Committee 8 – Stability
- [8] Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3, NAUMES J., STROHMANN I., UNGERMANN D., SEDLACEK G., Stahlbau 77 (2008) Heft 10, Ernst & Sohn
- [9] Biegeknicen und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage, NAUMES J., FELDMANN M., SEDLACEK G., Heft 70, Schriftenreihe Stahlbau, RWTH Aachen, Shaker Verlag 2010

# B Index

<b>B</b>		
Barevné pruhy v tabulce.....	66	
<b>C</b>		
Častá návrhová situace .....	13	
Charakteristická návrhová situace.....	13	
Čistý tepelný tok.....	53	
<b>D</b>		
Databáze materiálů .....	20	
Databáze průřezů.....	22	
Deformace přípoje.....	43	
Délka.....	27, 64	
Délka náhradního prutu .....	27	
Délka smykového pole.....	39, 40	
Desetinná místa.....	19, 82	
Detailní nastavení .....	47	
Diagonála.....	41	
Dialogy.....	8	
Dílčí součinitele spolehlivosti.....	16	
Dočasná návrhová situace .....	11	
Druh uchycení plechu .....	40	
Dýchání stěny .....	51	
<b>E</b>		
Efekt průběžného nosníku.....	43, 44	
Evropská křivka pro klopení.....	16	
Excel.....	84	
Export.....	84	
Export materiálů.....	83	
Export průřezů .....	80	
Export vzpěrných délek .....	83	
<b>F</b>		
Faktor zvětšení.....	49	
Filtrování .....	70	
Filtrování prutů .....	70	
<b>G</b>		
Graf výsledků .....	69	
Grafické zobrazení na pozadí.....	67	
Grafické zobrazení v RFEMu .....	72	
Grafika .....	67	
<b>H</b>		
Hmotnost.....	65	
<b>I</b>		
Informace o průřezu .....	24	
Instalace .....	6	
Interakce .....	48	
<b>J</b>		
Jednotky.....	19, 82	
<b>K</b>		
Klasifikace .....	48	
Klopení.....	16, 26, 29	
Kloub na konci prutu .....	34	
Kombinace výsledků.....	11, 12	
Kombinace zatížení .....	11	
Komentář .....	10	
Kontinuální torzní uložení.....	42	
Konzola.....	26, 36	
Korozivzdorná ocel.....	18, 21	
Kritický moment při klopení.....	49	
Kroucení.....	50	
Kvazistálá návrhová situace.....	13	
<b>L</b>		
Listování v dialozích.....	8	
<b>M</b>		
Materiálové parametry.....	19	
Materiály .....	19, 83	
Metoda náhradního prutu .....	31, 32, 50	
Mezilehlé podpory proti příčnému posunutí.....	26	
Mezní deformace .....	51	
Mezní hodnoty.....	10, 13, 15	
Mezní namáhání.....	50	
Mimořádná návrhová situace.....	11	
Místo x .....	58, 61	
<b>N</b>		
Náběh.....	24, 50, 59, 81	
Nadvýšení.....	36	
Napětový bod .....	25	
Národní příloha.....	9, 15	
Naumes .....	16	
Navigátor .....	8	
Navigátor <i>Zobrazit</i> .....	68, 70	
Návrhová situace.....	11, 13, 59	
Návrhový případ.....	67, 75, 77	



Nedefinovaná konstrukce.....	51	<b>R</b>	Relativní určení míst uložení podpor.....	26
<b>O</b>		Renderování.....	70	
Obecná metoda posouzení.....	50	Režim prohlížení.....	66, 67	
Objem.....	64	RF-STABILITY.....	28	
Oblíbené průřezy.....	79	Řídicí panel.....	70	
Ocelová mostní konstrukce.....	51	<b>S</b>		
Okrajové podmínky.....	38	Sada prutů.....	9, 31, 32, 34, 36, 46, 50, 60, 62, 65	
Omezení deplanace.....	30	Schránka.....	84	
OpenOffice.....	84	Seznam prutů.....	36	
Optimalizace.....	23, 54, 79, 80	SHAPE-THIN.....	48	
Optimalizace průřezu.....	79	Smyková tuhost.....	42	
Osa.....	28	Smykové pole.....	39	
Oslabená plocha průřezu.....	45	Součet hodnot.....	65	
Označení materiálu.....	19	Součinitel vzpěrné délky.....	29, 30	
<b>P</b>		Speciální případy.....	50	
Panel.....	7, 68, 70	Spuštění modulu RF-STEEL EC3.....	6	
Parametrizovaný průřez.....	79	Spuštění výpočtu.....	55	
Parametry.....	38	Štíhlost.....	63	
Plocha.....	64	Štíhlost prutu.....	54, 63	
Plocha průřezu.....	45	Stupnice barev.....	70	
Položka.....	64	Svislice.....	41	
Posouzení.....	9, 57, 58, 59	<b>T</b>		
Posouzení barevně.....	70	Tabulky výsledků.....	57	
Posouzení deformace.....	36	Teorie druhého řádu.....	48, 49	
Posouzení namáhání v tahu.....	45	Teplotní křivka.....	52	
Posouzení požární odolnosti.....	37, 52, 66	Tisk.....	72	
Posouzení průřezu.....	59	Tisk zobrazení.....	72	
Posouzení stability.....	16, 26, 48, 49, 50, 59	Tlačítko.....	66	
Posouzení svarů.....	54	Torzní tuhost $C_{100}$ .....	43	
Posunuté konce prutu.....	51	Torzní uložení.....	42	
Použitelnost.....	13, 36, 51, 66	Trapézový plech.....	39, 43	
Požární odolnost.....	14	Třída průřezů.....	48	
Poznámka.....	23	Truhlíkový typ ochrany.....	37	
Pracovní okno RFEMu.....	67	Trvalá návrhová situace.....	11	
Přerušované torzní uložení.....	44	Typ modelu.....	50	
Příčná podpora.....	26	Typ nosníku.....	36	
Příčné zatížení.....	50	Typ ochrany.....	37	
Průběhy výsledků.....	69, 72	Typ průřezu.....	23	
Průběhy výsledků mimo stupnici.....	70	<b>U</b>		
Průhyb.....	13	Únosnost.....	10, 47, 66	
Průřez.....	22, 79	Upravená metoda.....	16	
Pruty.....	9	Uživatelský profil.....	82	
Působíště zatížení.....	50	Uzlová podpora.....	32	

**V**

Vaznice.....	44
Viditelnost .....	70
Vidlicové uložení .....	26, 29, 30
Vnější pole .....	43, 44
Vnitřní pole.....	43, 44
Vnitřní síly .....	62, 80
Vyhodnocení výsledků.....	66
Výkaz materiálu .....	64, 65
Výpočet.....	47
Výsledné hodnoty.....	67
Vystavení ohni.....	37
Výstupní protokol .....	72, 73
Využití.....	23, 58

Vyvolání modulu .....	6
Vzdálenost nosníků .....	39, 40, 43, 44
Vzpěr .....	26, 28, 49
Vzpěrná délka.....	27, 28, 31, 84
Vzpěrná délka pro klopení .....	30
Vztažná délka .....	13

**Z**

Základní údaje .....	8
Zamezení deplanace.....	30
Zatěžovací stav .....	11, 13, 62
Zavření modulu RF-STEEL EC3.....	8
Zobrazení výsledků .....	68
Ztužení.....	40