

**Vydání
červenec 2008**

Přídavný modul

STEEL

**Posouzení napětí
Optimalizace profilu**

Popis programu

Všechna práva včetně práv k překladu vyhrazena.

Bez výslovného souhlasu společnosti Ing. Software Dlubal s.r.o. není povoleno tento popis programu ani jeho jednotlivé části jakýmkoli způsobem dále šířit.

© Ing. Software Dlubal s.r.o.

Anglická 28 120 00 Praha 2

Tel.: +420 222 518 568

Fax: +420 222 519 218

Email: info@dlubal.cz

Web: www.dlubal.cz

Obsah

Obsah		Strana	Obsah		Strana
1.	Úvod	5	4.8	Výkaz materiálu pro sady prutů	34
1.1	Přídavný modul STEEL	5	5.	Vyhodnocení výsledků	35
1.2	Tým pro vývoj programu STEEL	6	5.1	Výběr napětí	37
1.3	Poznámka k příručce	7	5.2	Výsledky na průřezu	38
1.4	Spuštění modulu STEEL	7	5.3	Výsledky na modelu v RSTABu	40
2.	Vstupní data	9	5.4	Průběhy výsledků	43
2.1	Základní údaje	9	5.5	Filtrování výsledků	44
2.2	Materiály	10	6.	Výstup	47
2.3	Průřezy	15	6.1	Výstupní protokol	47
3.	Výpočet	18	6.2	Tisk zobrazení ze STEELu	47
3.1	Napětí a využití	18	6.2.1	Výsledky na průřezu	47
3.2	Detaily výpočtu	21	6.2.2	Výsledky na modelu v RSTABu	49
3.3	Spuštění výpočtu	24	7.	Obecné funkce	51
4.	Výsledky	25	7.1	Návrhové případy ve STEELu	51
4.1	Napětí po průřezech	25	7.2	Optimalizace průřezu	53
4.2	Napětí po sadách prutů	28	7.3	Jednotky a desetinná místa	55
4.3	Napětí po prutech	29	7.4	Export výsledků	55
4.4	Napětí po řezech	30	A	Literatura	57
4.5	Napětí v každém napěťovém bodu	31	B	Index	58
4.6	Rozhodující vnitřní síly	32			
4.7	Výkaz materiálu pro pruty	33			

1. Úvod

1.1 Přídavný modul STEEL

STEEL neběží jako samostatný program, ale je pevně integrován do uživatelského prostředí programu RSTAB. Specifické vstupní údaje o konstrukci i vnitřní síly tak má tento přídavný modul automaticky k dispozici. A naopak výsledky spočítané v modulu STEEL lze graficky zobrazit a vyhodnotit v pracovním okně RSTABu a lze je i zařadit do souhrnného výstupního protokolu.

V modulu STEEL se provádějí obecná posouzení napětí. Vypočítávají se návrhová napětí a následně porovnávají s mezními napětími. Program se přitom opírá o rozsáhlou databázi průřezů a rozšiřitelnou knihovnu materiálů s normovými mezními napětími. Na každém profilu jsou definovány napěťové body, z nichž se vychází při analýze napětí a grafickém vyhodnocení výsledků.

Při analýze napětí se počítají také maximální napětí sad prutů a určují se rozhodující vnitřní síly u každého prutu. Modul STEEL rovněž nabízí automatickou optimalizaci průřezů a možnost exportovat upravené profily do RSTABu.

Samostatné návrhové případy ve STEELu umožňují pružně provádět analýzu napětí. Posouzení je doplněno výkazem materiálu s údaji o jeho množství a hmotnosti.

Aktuální STEEL přináší následující novinky:

- Zobrazení maximálního využití v tabulce průřezů, na jehož základě lze rozhodnout o optimalizaci průřezu.
- Propojení tabulek v modulu STEEL s pracovním oknem RSTABu. Objekty aktuálně zpracovávané v tabulkách se vyberou na pozadí v grafickém okně.
- Možnost změnit náhled modelu v RSTABu v pracovním okně na pozadí.
- Tabulky výsledků s barevným pozadím podle referenční stupnice.
- Stručná informace o vyhovujícím, příp. nevyhovujícím posouzení napětí.
- Znázornění výsledných průběhů napětí a jejich využití.
- Možnost nastavit filtry pro zobrazení napětí v grafickém okně RSTABu.
- Zobrazení napětí a využití napětí v renderovaném modelu.
- Přímý export dat do MS Excelu.

Přejeme Vám mnoho zábavy a úspěchů při práci s naším programem STEEL.

Vaše společnost ING. SOFTWARE DLUBAL S.R.O.

1.2 Tým pro vývoj programu STEEL

Na vývoji programu STEEL se podíleli:

Koordinátoři programu

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

Programátoři

Ing. Zdeněk Kosáček

Mgr. Petr Oulehle

David Schweiner

Ing. Roman Svoboda

Dis. Jiří Šmerák

Lukáš Tůma

Databáze průřezů a materiálů

Ing. Ph.D. Jan Rybín

Jan Brnušák

Design programu, dialogů a ikon

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

MgA. Robert Kolouch

Ing. Jan Milář

Testování a technická podpora

Ing. Robert Michalovič

Petr Pražák

Michala Sobotková

Ing. Martin Vasek

Dipl.-Ing. (FH) Michael Bausch

Dipl.-Ing. Rafael Ceglarek

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann

Dipl.-Ing. Frank Faulstich

Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Dipl.-Ing. David Röseler

Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner

Dipl.-Ing. (FH) Paul Stolbunski

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Manuály, dokumentace a překlady

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Ing. Dmitry Bystrov

Jan Jeřábek

Ing. Ladislav Kábrt

Ing. Petr Míchal

Ing. Robert Michalovič

Mgr. Florian Nadge

Mgr. Petra Pokorná

1.3 Poznámka k příručce

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

Při popisu programu STEEL vycházíme z pořadí a struktury tabulek se vstupními a výstupními daty. V textu uvádíme popisované **ikony** (tlačítka) v hranatých závorkách, např. [Detaily]. Tlačítka jsou zároveň zobrazena na levém okraji. **Názvy** dialogů, tabulek a jednotlivých menu jsou pak v textu vyznačeny *kurzivou*, aby bylo snadné vyhledat je v programu.

Do této příručky zařazujeme 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 nabízí vyhledávač, pomocí kterého můžete dle zadaných kritérií listovat v rozsáhlém seznamu *Otázky a odpovědi*.

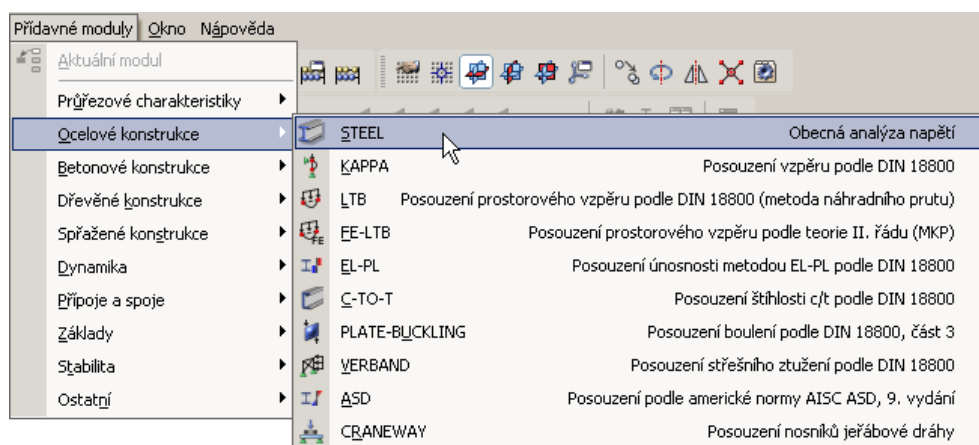
1.4 Spuštění modulu STEEL

Přídavný modul STEEL lze v RSTABu spustit několika způsoby.

Hlavní nabídka

Modul STEEL můžeme vyvolat příkazem z hlavní nabídky programu RSTAB

Přídavné moduly → Ocelové konstrukce → STEEL.

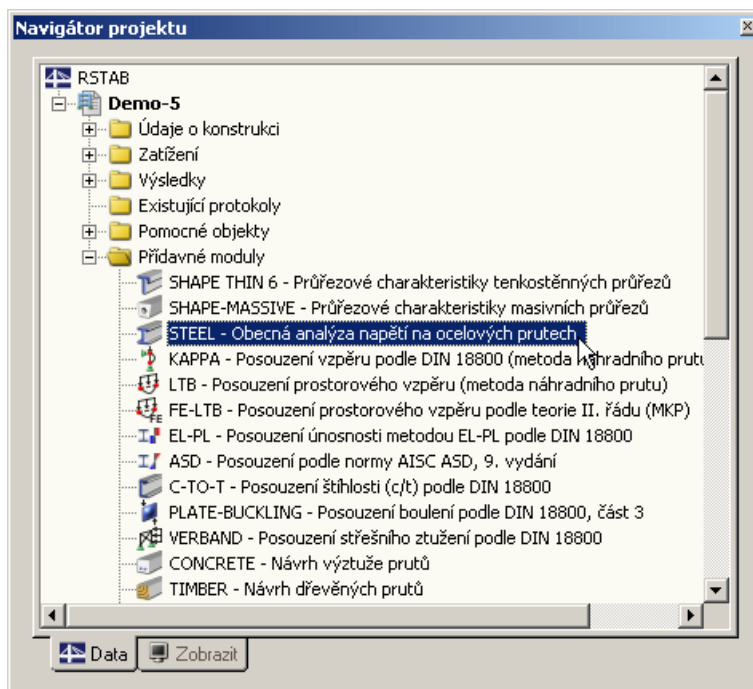


Obr. 1.1: Hlavní nabídka: Přídavné moduly → Ocelové konstrukce → STEEL

Navigátor

STEEL lze dále vyvolat z navigátoru *Data* kliknutím na položku

Přídavné moduly → STEEL.

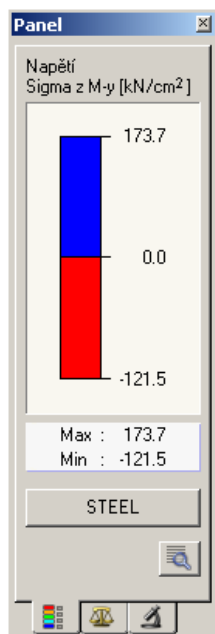
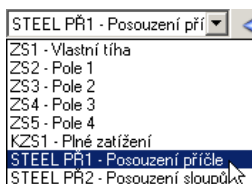


Obr. 1.2: Navigátor Data: Přidavné moduly → STEEL

Panel

Pokud jsou v určité úloze v RSTABu již k dispozici výsledky z modulu STEEL, pak lze daný případ z tohoto modulu nastavit v seznamu zatěžovacích stavů. Pomocí tlačítka [Zapnout/vypnout výsledky] se v grafickém okně zobrazí napětí nebo využití napětí.

V panelu se nyní zobrazí tlačítko [STEEL], kterým lze modul STEEL spustit.



Obr. 1.3: Panel: Tlačítko [STEEL]

2. Vstupní data

Údaje pro definování návrhových stavů se zadávají v tabulkách. V případě prutů a sad prutů se nabízí také funkce [Vybrat] pro přímé zadání v grafickém okně.

Po spuštění modulu STEEL se zobrazí nové okno, v jehož levé části vidíme navigátor pro přístup ke všem stávajícím tabulkám. Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam všech případně již zadaných návrhových stavů (viz kapitola 7.1, strana 51).

Pokud modul STEEL spouštíme v dané úloze v RSTABu poprvé, pak se automaticky načtou následující důležité údaje:

- Pruty a sady prutů
- Zatěžovací stavy, skupiny a kombinace ZS a superkombinace
- Materiály
- Průřezy
- Vnitřní síly (na pozadí – pokud byly vypočítány)

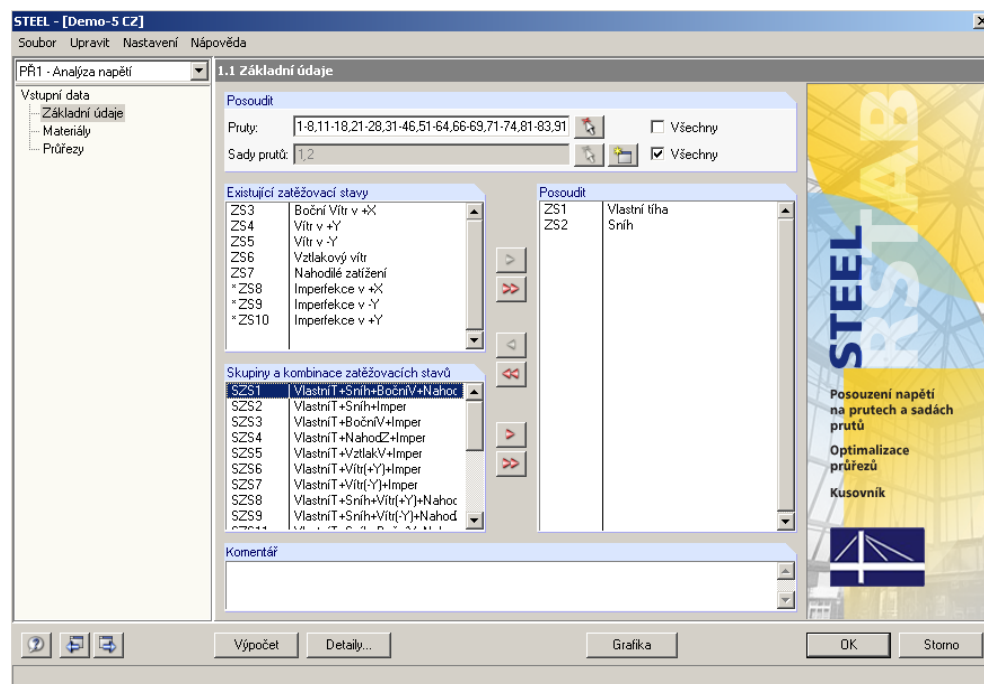


Mezi tabulkami můžeme přepínat buď klikáním na jednotlivé položky v navigátoru modulu STEEL nebo pomocí vlevo znázorněných tlačítek. Funkční klávesy [F2] a [F3] slouží také k listování v tabulkách, a to buď dopředu nebo zpět.

Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a zavřeme modul STEEL, zatímco tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

2.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* se vybírají pruty a zatížení k posouzení. Norma, podle které se posouzení provede, se určuje v dialogu 1.2, protože souvisí s vlastnostmi materiálu.



Obr. 2.1: Dialog 1.1 *Základní údaje*

Posoudit



K posouzení lze vybírat jak *pruty* tak *sady prutů*. Pokud mají být posouzeny pouze některé objekty, je třeba deaktivovat zaškrtačací políčko *Všechny*. Tím se zpřístupní obě vstupní pole, do nichž lze zadávat čísla příslušných prutů nebo sad prutů. Pomocí tlačítka [Vybrat] lze pruty, příp. sady prutů zvolit i graficky v pracovním okně RSTABu. Seznam již přednastavených čísel prutů lze rychle vybrat dvojným kliknutím a přepsat ručně.



Pokud jsme v RSTABu dosud nedefinovali žádné sady prutů, pak je lze zadat pomocí tlačítka [Vytvořit novou sadu prutů...] přímo v modulu STEEL. Otevře se dialog pro vytvoření nové sady prutů, který již známe z programu RSTAB, kde vyplníme příslušné údaje.

Posouzení sady prutů má tu výhodu, že se posoudí vybrané pruty a spočítají celková maxima a využití všech dotyčných prutů. V tomto případě se zobrazí i výsledné tabulky 2.2 *Napětí po sadách prutů* a 3.3 *Výkaz materiálu po sadách prutů*.

Existující zatěžovací stavy / Skupiny a kombinace zatěžovacích stavů



V těchto dvou sekcích se vypíší všechny zatěžovací stavy, skupiny, kombinace ZS a superkombinace vytvořené v RSTABu, které lze posoudit. Pomocí tlačítka [►] lze vybrané zatěžovací stavy nebo kombinace zařadit do seznamu vpravo *Posoudit*. Jednotlivé položky lze vybrat i dvojným kliknutím. Tlačítkem [►►] převedeme do seznamu vpravo všechny položky najednou.

Pokud je u zatěžovacích stavů uvedena hvězdička (*), jak například vidíme na obr. 2.1 u zatěžovacích stavů 8 až 10, nelze je posoudit. V takovém případě jim totiž nebyla přiřazena žádná zatížení nebo obsahují výlučně imperfekce (stejně jako v našem případě).

Posoudit



Details...

V pravém sloupci jsou uvedena zatížení vybraná k posouzení. Tlačítkem [◀] můžeme vybrané zatěžovací stavy nebo kombinace ze seznamu opět odstranit. I zde lze výběr položek provést dvojným kliknutím. Tlačítkem [◀◀] smažeme celý seznam.

Výpočet obálek kombinace zatěžovacích stavů *Nebo* je rychlejší než převzetí všech příslušných zatěžovacích stavů nebo skupin. Na druhé straně lze při posouzení celkové kombinace ZS méně rozlišit vliv jednotlivých obsažených zatížení. Pro posouzení se použijí maximální a minimální výsledné hodnoty z RSTABu, získané superpozicí vnitřních sil podle příslušné normy. V případě kombinací zatěžovacích stavů doporučujeme zkontrolovat *Způsob výpočtu napětí* v dialogu *Detaily* (kapitola 3.2, strana 21).

Komentář

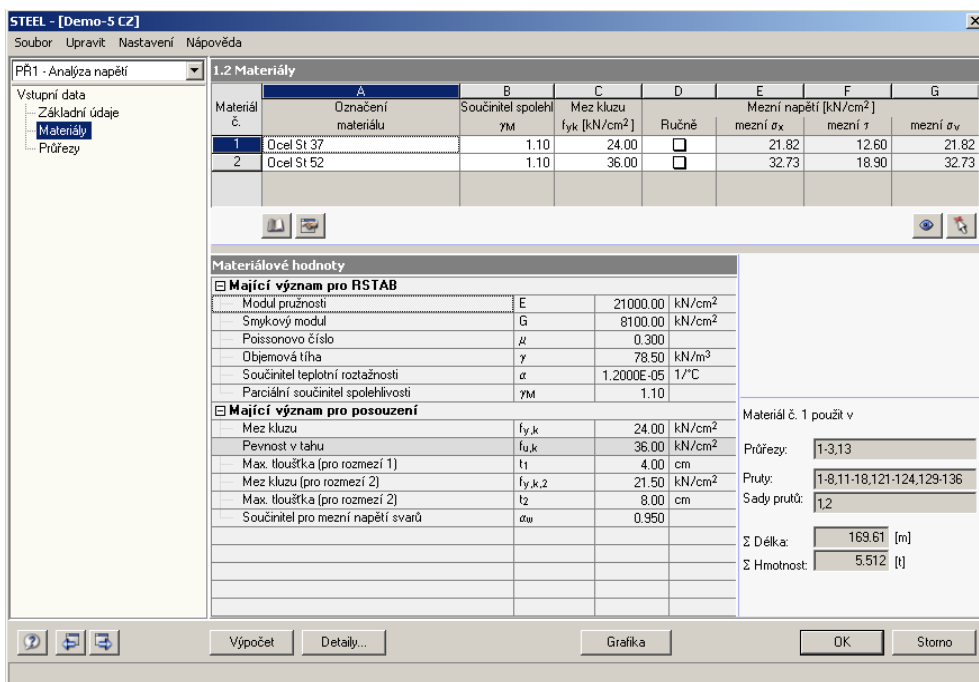
V tomto vstupním poli může uživatel uvést poznámku k aktuálnímu případu v modulu STEEL.

2.2 Materiály

Tato tabulka je rozdělena do dvou částí. V horní sekci jsou uvedeny materiály, které mají být posouzeny, včetně mezních napětí. V sekci *Materiálové hodnoty* se zobrazí hodnoty aktuálního materiálu, tzn. materiálu, jehož řádek jsme vybrali v horní sekci.

Hodnoty materiálu, které jsou nezbytné pro výpočet vnitřních sil v RSTABu, jsou podrobně popsány v manuálu k programu RSTAB v kapitole 5.2. Materiálové charakteristiky, které jsou důležité pro posouzení, se ukládají do globální databáze materiálů a jsou automaticky přednastaveny. V příslušné tabulce je lze upravovat.

Jednotky a desetinná místa materiálových hodnot a napětí lze měnit z hlavní nabídky **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa....**



Obr. 2.2: Tabulka 1.2 Materiály

Označení materiálu

Materiály definované v RSTABu jsou přednastaveny. Pokud se uvedené *Označení materiálu* shoduje s některou položkou v databázi materiálů, načte STEEL materiálové hodnoty nezbytné pro posouzení.

Materiál lze vybrat ze seznamu: kurzor umístíme do sloupce A a klikneme na tlačítko [▼] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevře se seznam, který vidíme na levém okraji. Jakmile vybereme požadovaný materiál, převezmou se důležité hodnoty do ostatních polí v daném řádku.

Tento seznam obsahuje pouze ocelové materiály. V podstatě je možné posoudit libovolné materiály, u nichž se budou návrhová normálová, smyková a srovnávací napětí porovnávat s přípustnými napětími. Lze tak například posoudit hliníkové profily nebo profily z ušlechtilé oceli. K tomu musí být samozřejmě dodatečně zohledněny příslušné normové předpisy.

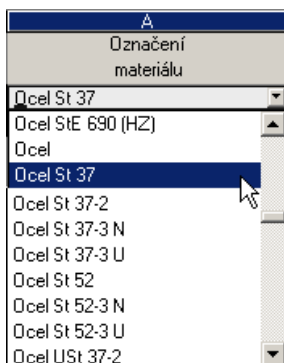
Pokud u materiálu nejsou k dispozici mezní napětí (např. u dřeva), vyznačí se tyto položky v daném řádku červeně. Mezní napětí však může uživatel zadat tak, že aktivuje funkci **Ručně** ve sloupci D a doplní hodnoty přípustných napětí do sloupců E až G. Červené označení pak zmizí.

K převzetí materiálů z databáze se ještě níže vrátíme.

Součinitel spolehlivosti γ_M

Tato hodnota udává součinitel spolehlivosti pro výpočet návrhových hodnot pevnosti materiálu. Součinitelem γ_M se redukuje charakteristická hodnota meze kluzu f_{yk} pro výpočet mezního normálového napětí $\sigma_{R,d}$ (viz rovnice 2.1) a mezního smykového napětí $\tau_{R,d}$ (rovnice 2.2).

Součinitel γ_M tak dvakrát vstupuje do posouzení, pokud výpočet probíhá podle teorie II. nebo III. řádu: zaprvé je třeba podle DIN 18800, části 2, čl. (116), příp. jiné příslušné normy zohlednit při výpočtu vnitřních sil vliv deformací 10% redukcí tuhosti, zadruhé musí být při posouzení únosnosti redukovány součinitelem spolehlivosti γ_M návrhové hodnoty pevnosti.



Mez kluzu f_{yk}

Mez kluzu udává hranici, do které lze materiál prodlužovat, aniž by došlo k trvalé deformaci materiálu. Charakteristické hodnoty různých ocelových materiálů jsou uvedeny např. v EC 3, oddílu 3 nebo v DIN 18800, části 1.

Mezní napětí

V případě materiálů uložených v databázi materiálů se mezní napětí načítají automaticky a v tabulce je nelze měnit.

Pokud chceme mezní napětí upravit, lze buď pomocí tlačítka [Upravit materiál...] změnit vlastnosti materiálu (viz níže, strana 14) nebo lze přejít do ručního režimu zaškrtnutím políčka *Ručně*.

Ručně

Pokud aktivujeme toto políčko, lze mezní napětí v následujících sloupcích zadat ručně.

Upravené materiály budou ve sloupci *Označení materiálu* uvedeny s hvězdičkou.

mezní σ_x

Mezní normálové napětí udává přípustné napětí pro namáhání ohybem a normálovou silou. Stanoví se podle DIN 18800, části 1, čl. (746), příp. jiné příslušné normy na základě charakteristické hodnoty meze kluzu, která se vydělí dílčím součinitelem spolehlivosti γ_M .

$$\sigma_{x,R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

Rovnice 2.1

mezní τ

Mezní smykové napětí udává přípustné smykové napětí v důsledku posouvající síly a kroucení. Podle DIN 18800, části 1, čl. (746) je jedním členem rovnice pro výpočet mezního smykového napětí i dílčí součinitel spolehlivosti γ_M .

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

Rovnice 2.2

mezní σ_v

Mezní srovnávací napětí udává přípustné srovnávací napětí při současném působení několika napětí. Určuje se podle DIN 18800, části 1, čl. (746) také pomocí rovnice 2.1.

Mez kluzu v závislosti na tloušťce stavebního dílce

U některých materiálů existuje souvislost mezi charakteristickou mezí kluzu $f_{y,k}$ a tloušťkou stavebního dílce t . *Maximální tloušťka stavebního dílce* pro jednotlivá rozmezí se zobrazí s příslušnou mezí kluzu ve spodní části tabulky *Materiálové charakteristiky*.

Přiřazení meze kluzu se řídí normami. Pomocí tlačítka [Upravit materiál...] lze tloušťky stavebních dílců a přiřazená napětí zkontrolovat a případně upravit (srov. strana 14).

Databáze materiálů

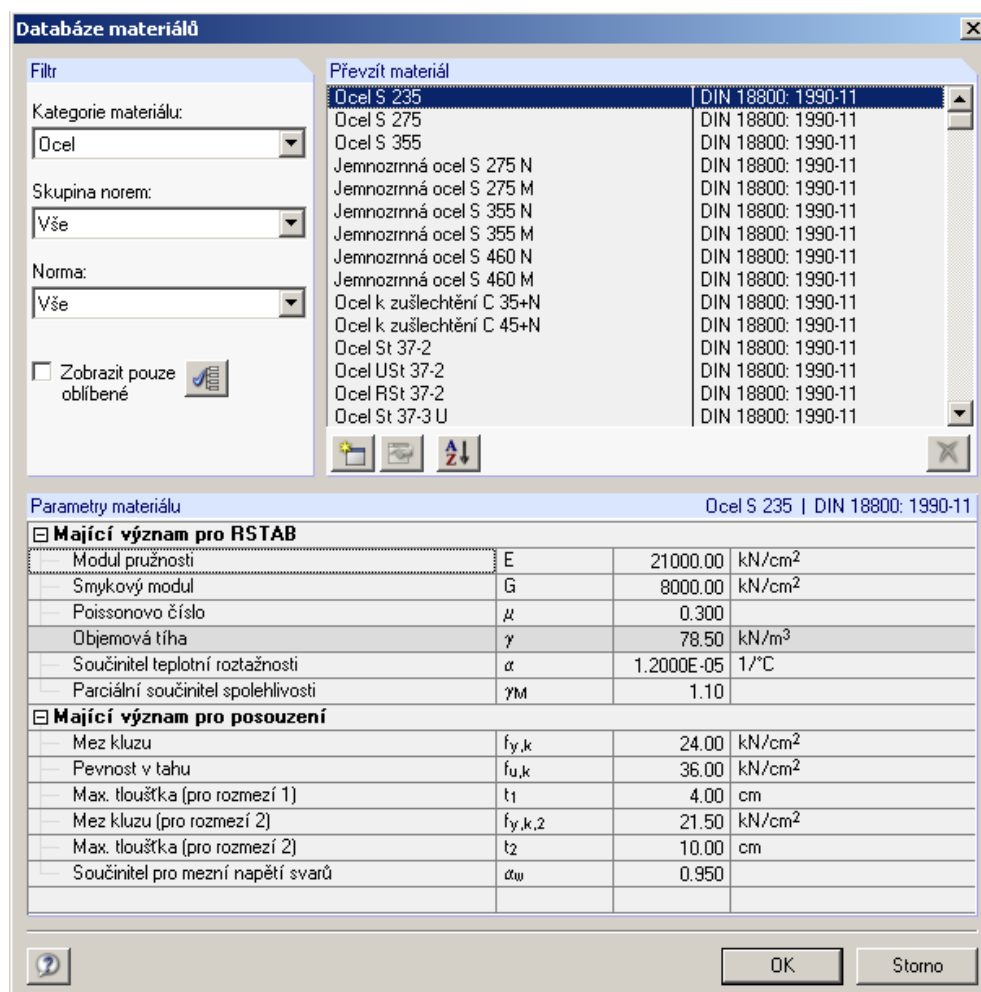
V databázi je uloženo značné množství materiálů. Databázi otevřeme příkazem

Upravit → Databáze materiálů...

nebo kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.



Označení materiálu
Ocel S 235*



Obr. 2.3: Dialog Databáze materiálů

V sekci *Filtr* je přednastavena kategorie materiálu *Ocel*. V seznamu *Převzít materiál*, který se nachází vpravo, lze vybrat určitý materiál a ve spodní části dialogu přezkontrolovat jeho charakteristické hodnoty. Po kliknutí na tlačítko [OK] nebo stisknutím klávesy [↵] se materiál převezme do tabulky 1.2 modulu STEEL.

V kapitole 5.2 v manuálu k programu RSTAB je podrobně popsáno, jak lze materiály filtrovat, přidávat do databáze nebo nově roztřídit.

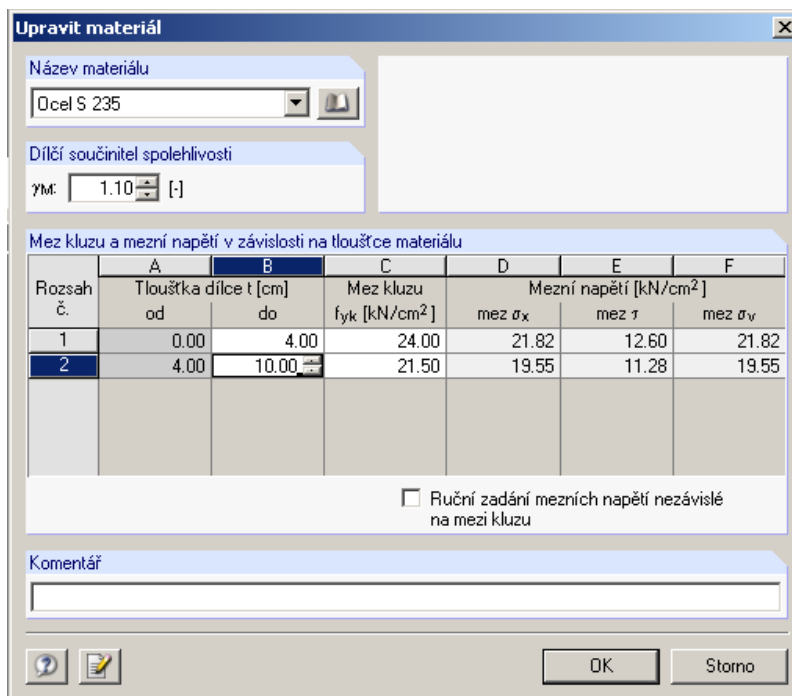
Pokud chceme zvolit jinou kategorii materiálu než *Ocel*, je třeba si uvědomit, že posoudit lze pouze materiály, u nichž se budou návrhová normálová, smyková a srovnávací napětí porovnávat s přípustnými napětími. Posoudit tak lze například i hliníkové profily nebo profily z ušlechtilé oceli.

Pokud do tabulky 1.2 převezmeme materiál, u něhož nejsou definována mezní napětí (např. dřevo), vyznačí se položka v daném řádku červeně. Po zaškrtnutí políčka **Ručně** ve sloupci D může však uživatel mezní napětí sám zadat. Jakmile vyplníme přípustná napětí ve sloupcích E až G, zmizí červené zvýraznění řádku. Je však třeba upozornit na to, že posouzení napětí např. u dřevěných profilů nebudou komplexní, protože norma předepisuje různá kritéria, která se zohledňují v přidavném modulu TIMBER.

Úprava materiálu

Meze kluzu a mezní napětí právě vybraného materiálu lze upravit po kliknutí na vlevo znázorněné tlačítko. Otevře se následující dialog:





Obr. 2.4: Dialog Upravit materiál

Faktorem γ_M v sekci *Dílčí součinitel spolehlivosti* se zmenší charakteristické hodnoty meze kluzu f_{yk} definované ve sloupci C v sekci níže. Mezní napětí spočítaná pomocí rovnice 2.1 a rovnice 2.2 na straně 12 se načtou ve sloupcích D až E.

V sekci *Mez kluzu a mezní napětí v závislosti na tloušťce materiálu* lze upravit rozmezí *tloušťky dílce t*. Počet rozmezí upravuje norma, hranice mezi jednotlivými rozsahy lze ovšem posunout ručně ve sloupci B. Sloupec A se přitom změní automaticky. Ke každému rozsahu lze přiřadit určitou *mez kluzu f_{yk}*.

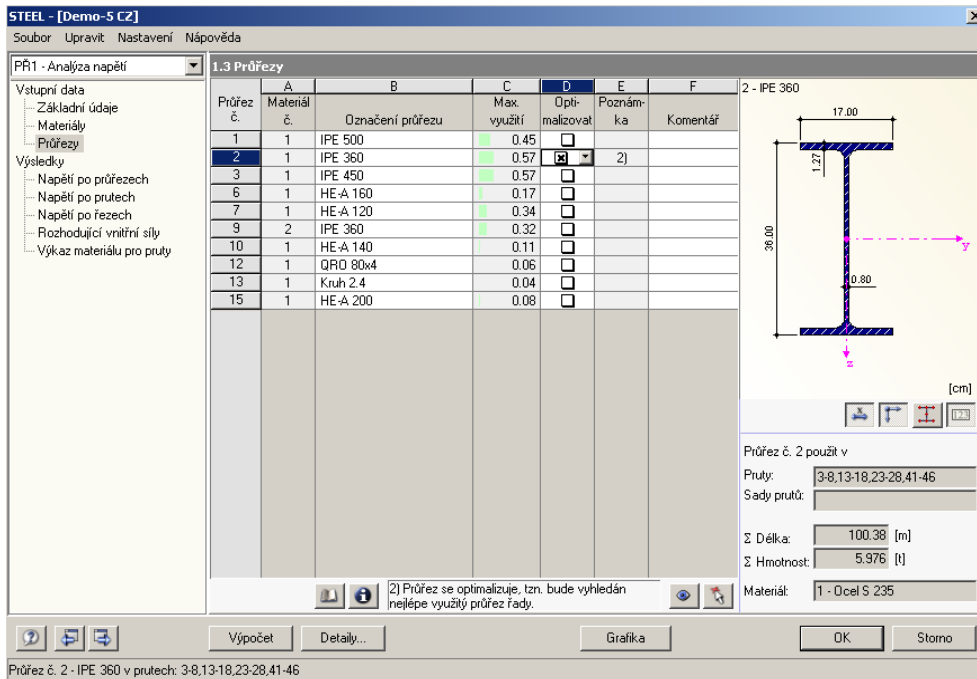
Pokud chceme mezní napětí definovat nezávisle, pak je třeba zaškrtnout políčko *Ruční zadání mezních napětí nezávislé na mezi kluzu*. Zpřístupní se tak sloupce D až E, v nichž pak může uživatel sám definovat hodnoty.

Upravené materiály se v tabulce 1.2 označí hvězdičkou.

Označení materiálu
Ocel S 235*

2.3 Průřezy

V této tabulce se pracuje s průřezy, které přicházejí v úvahu pro posouzení. Dále tu lze stanovit parametry pro optimalizaci.



The screenshot shows the '1.3 Průřezy' (Cross-sections) table in the STEEL software. The table lists various cross-sections with their material numbers, designations, maximum utilization, and optimization status. The '2 - IPE 360' cross-section is highlighted in blue.

Průřez č.	A Materiál č.	B Označení průřezu	C Max. využití	D Opti- malizovat	E Poznám- ka	F Komentář
1	1	IPE 500	0.45	<input type="checkbox"/>		
2	1	IPE 360	0.57	<input checked="" type="checkbox"/>	2)	
3	1	IPE 450	0.57	<input type="checkbox"/>		
6	1	HE-A 160	0.17	<input type="checkbox"/>		
7	1	HE-A 120	0.34	<input type="checkbox"/>		
9	2	IPE 360	0.32	<input type="checkbox"/>		
10	1	HE-A 140	0.11	<input type="checkbox"/>		
12	1	QRO 80x4	0.06	<input type="checkbox"/>		
13	1	Kruh 2.4	0.04	<input type="checkbox"/>		
15	1	HE-A 200	0.08	<input type="checkbox"/>		

On the right, a diagram of the IPE 360 cross-section is shown with dimensions: height 36.00 cm, flange width 17.00 cm, flange thickness 1.27 cm, and web thickness 0.80 cm. Below the diagram, the 'Průřez č. 2 použit v' (Cross-section 2 used in) section lists the following data:

- Pruty: 3-8,13-18,23-28,41-46
- Sady prutů:
- Σ Délka: 100.38 [m]
- Σ Hmotnost: 5.976 [t]
- Materiál: 1 - Ocel S 235

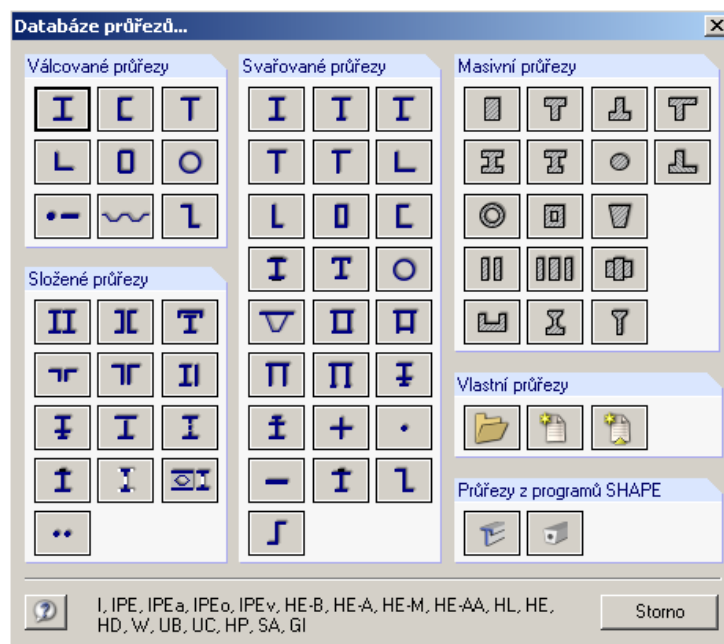
Obr. 2.5: Tabulka 1.3 Průřezy

Označení průřezu

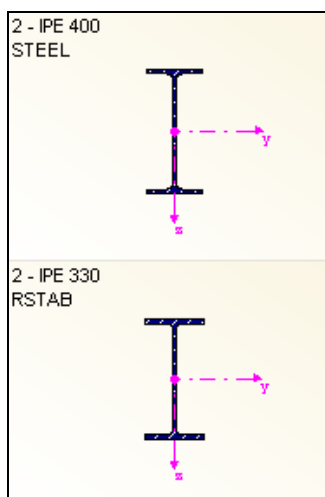
Při otevření tabulky jsou již přednastaveny průřezy použité v RSTABu i s přiřazenými čísly materiálů.

Zadané průřezy lze pro posouzení kdykoli změnit. Označení upraveného průřezu se v tomto sloupci zvýrazní modře.

Pokud chceme určitý profil upravit, uvedeme nové označení průřezu do příslušného řádku nebo vybereme nový profil z databáze. Databázi otevřeme kliknutím na tlačítko [Převzít průřez z databáze...] nebo umístíme kurzor do požadovaného řádku a klikneme na tlačítko [...] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevře se nám tak databáze průřezů, kterou již známe z RSTABu.



Obr. 2.6: Databáze průřezů



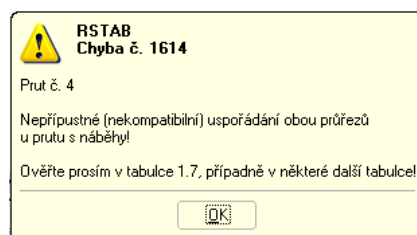
Výběr průřezů z databáze je podrobně popsán v kapitole 5.3 v manuálu k programu RSTAB.

Pokud se průřezy ve STEELu a RSTABu různí, zobrazí se v grafickém okně vpravo vedle tabulky oba profily. Pro posouzení napětí se pak použijí vnitřní síly z RSTABu pro profil zvolený ve STEELu.

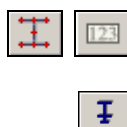
Prut s náběhy

V případě prutů s náběhy s rozdílným průřezem na počátku a konci prutu se uvedou obě čísla průřezů podle zadání v RSTABu do dvou řádků. Ve STEELu lze provést i posouzení prutů s náběhy, pokud je splněna následující podmínka: počet napětových bodů u počátečního i koncového průřezu je stejný.

Normálová napětí se například počítají z momentů setrvačnosti a vzdáleností těžišť napětových bodů. Pokud má počáteční a koncový průřez prutu s náběhy rozdílný počet napětových bodů, nemůže STEEL interpolovat mezihodnoty. V RSTABu se v takovém případě ve výpočtu i při 3D renderování uvažují vlastnosti obou průřezů vždy do poloviny prutu, ve STEELu však posouzení neproběhne a objeví se varovné hlášení:



Obr. 2.7: Varování v případě nekompatibilních průřezů



Pro kontrolu lze v grafickém okně vpravo zobrazit napětové body průřezu včetně jejich číslování. Podrobné informace o napětových bodech najdete v kapitole 4.1 na straně 25.

Má-li být posouzení úspěšné, je tedy třeba vytvořit stejný počet napětových bodů na obou stranách. Lze toho například docílit tak, že průřez na konci náběhu modelujeme jako kopii počátečního průřezu a upravíme pouze geometrické parametry, případně je třeba oba průřezy zadat jako parametrizované („svařované“) profily. Speciálně pro náběhy jsou k dispozici profily *IVU – Dole zesílené průřezy s náběhy*.

Max. využití

Na základě tohoto sloupce lze rozhodnout o optimalizaci. Sloupec se zobrazí, pokud již bylo provedeno alespoň jedno posouzení. Z údajů v tomto sloupci a barevných referenčních průřů je zřejmé, které průřezy jsou téměř nevyužity, a tudíž předimenzovány, a naopak které jsou silně namáhány, a tudíž poddimenzovány.

Optimalizovat

Každý profil může být optimalizován. Při optimalizaci se na základě vnitřních sil z RSTABu spočítá v rámci dané řady průřezů profil, který se nejvíce blíží maximálnímu využití 1,00.

Pokud chceme určitý průřez optimalizovat, zaškrtneme u něj políčko ve sloupci D. Doporučení k optimalizaci průřezů najdete v kapitole 7.2 na straně 53.

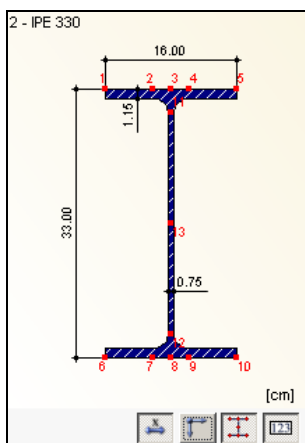
Poznámka





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

Pokud se tu objeví poznámka 1) *Průřez nebude posouzen, protože nejsou zadány průřezové charakteristiky!*, pak se jedná o neznámý průřez, tj. průřez, který nebyl uložen do databáze průřezů. Průřez mohl definovat sám uživatel nebo se může jednat o nespočítaný průřez z modulu SHAPE-THIN. V takovém případě bychom měli přepnout do programu RSTAB a zadat v něm nezbytné údaje např. pro **napětové body** (viz kapitola 5.3 manuálu k programu RSTAB, oddíl *Zadání vlastního průřezu*).

Grafické zobrazení průřezu

V pravé části dialogu 1.3 se zobrazí grafické znázornění aktuálně vybraného průřezu. Tlačítka pod obrázkem mají následující funkce:



Tlačítko	Funkce
	Zobrazení okótování průřezu
	Zobrazení hlavních os průřezu
	Zobrazení napětových bodů
	Zobrazení číslování napětových bodů

Tab. 2.1: Tlačítka v grafickém zobrazení průřezu

3. Výpočet

Výpočet

Detaily...

Při posouzení napětí se vychází z vnitřních sil spočítaných v programu RSTAB. Před spuštěním výpočtu] pomocí stejnojmenného tlačítka bychom měli ještě zkontrolovat detailní nastavení pro posouzení. Příslušný dialog otevřeme kliknutím na tlačítko [Detaily...]. Dialog je podrobně popsán v kapitole 3.2 na straně 21.

3.1 Napětí a využití



Standardně se v dialogích 2.1 až 2.5 zobrazí normálová napětí σ_{celkem} , τ_{celkem} a σ_v . Jednotlivé podíly napětí lze zobrazit pomocí tlačítka [Vybrat napětí pro zobrazení] a [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí].

Normálová napětí

Podle běžné konvence mají tahová napětí kladné znaménko a tlaková napětí znaménko záporné.



Analýza se provádí pro každý jednotlivý napěťový bod, takže při kombinovaném posouzení (např. σ_{celkem}) zpravidla nelze přičítat podíly maximálních napětí: tato se většinou vztahují k různým napěťovým bodům. Kombinovat lze pouze složky napětí příslušného napěťového bodu.

V tabulce níže uvádíme seznam jednotlivých normálových napětí σ :

σ_N	<p>Napětí od normálové síly N</p> $\sigma = \frac{N}{A}$ <p>A: průřezová plocha</p>
σ_{M-y}	<p>Napětí od ohybového momentu M_y</p> $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z$ <p>$\alpha_{pl,y}$: plastický tvarový součinitel I_y: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose y e_z: vzdálenost těžiště napěťového bodu ve směru z</p>
σ_{M-z}	<p>Napětí od ohybového momentu M_z</p> $\sigma = -\frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$ <p>$\alpha_{pl,z}$: plastický tvarový součinitel I_z: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose z e_y: vzdálenost těžiště napěťového bodu ve směru y</p>
σ_M	<p>Napětí od ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{tah}	<p>Napětí v tahu od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$

σ_{tlak}	Napětí v tlaku od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{Delta}	Maximální rozdíl mezi normálovými napětími jednotlivých zatěžovacích stavů, který je nezbytný např. pro posouzení na únavu
σ_{celkem}	Normálové napětí od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$

Tab. 3.1: Normálová napětí σ 

Lokální osový systém prutu má vliv na znaménka vnitřních sil a napětí.

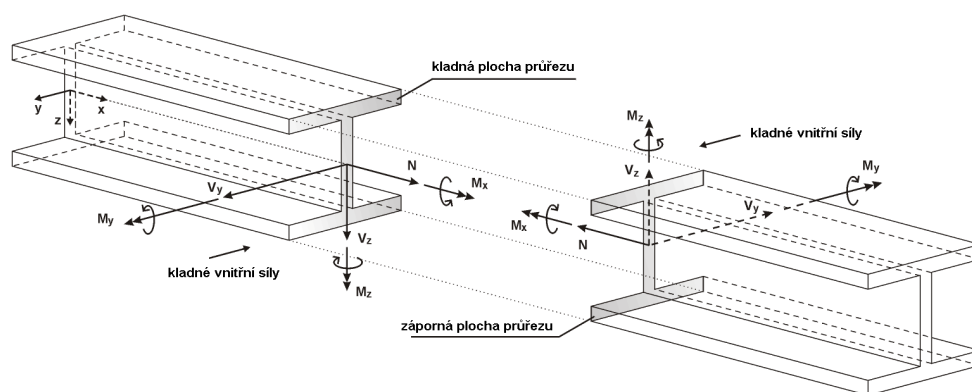


Bild 3.1: Zadání kladných vnitřních sil

Ohybový moment M_y je kladný, pokud na kladné straně prutu (tj. ve směru osy z) vznikají tahová napětí. M_z je kladný, pokud na kladné straně prutu (tzn. ve směru osy y) vznikají tlaková napětí. Znaménka kroučících momentů a normálových a posouvajících sil se řídí běžnou konvencí: vnitřní síly jsou kladné, pokud působí na kladné straně řezu v kladném směru.

Smyková napětí

V tabulce níže uvádíme seznam jednotlivých smykových napětí τ :

τ_{V_y}	<p>Napětí od posouvající síly V_y</p> $\tau = -\frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t}$ <p>S_z: plošný moment 1. stupně vzhledem k hlavní ose z I_z: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose z t: rozhodující tloušťka průřezu</p>
τ_{V_z}	<p>Napětí od posouvající síly V_z</p> $\tau = -\frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$ <p>S_y: plošný moment 1. stupně vzhledem k hlavní ose y I_y: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose y t: rozhodující tloušťka průřezu</p>

τ_V	Napětí od posouvajících sil V_y a V_z $\tau = -\frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t} - \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$
$\tau_{M-T, \text{ St.Venant}}$	Napětí od kroutícího momentu M_T v případě otevřeného průřezu $\tau = \frac{M_T}{I_{T, \text{ St.V.}}} \cdot t$ $I_{T, \text{ St.V.}}$: Saint Venantův moment setrvačnosti v kroucení t : rozhodující tloušťka průřezu
$\tau_{M-T, \text{ Bredt}}$	Napětí od kroutícího momentu M_T v případě uzavřeného průřezu $\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$ A_m : plocha vymezená středovými osami průřezu t : rozhodující tloušťka průřezu
τ_{M-T}	Napětí od kroutícího momentu M_T $\tau = \frac{M_T}{I_{T, \text{ St.V.}}} \cdot t \quad \text{oděr} \quad \tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$
τ_{celkem}	Smykové napětí od posouvajících sil V_y a V_z a kroutícího momentu M_T $\tau = \tau_V + \tau_{M-T}$

Tab. 3.2: Smyková napětí τ

Jak z rovnic vyplývá, pro výpočet smykových napětí od posouvající síly se použijí statické momenty a nikoli smykové plochy průřezu.



V případě smykových napětí vlivem kroucení platí následující:

- Pokud se jedná o částečně otevřený profil s jednou uzavřenou buňkou v průřezu, pak bude celý průřez klasifikován jako *uzavřený*. Smykové napětí se v takovém případě spočítá výlučně podle Bredtova vzorce čili neproběhne kombinovaná analýza jako v programu SHAPE-THIN, kdy se zvláště vypočítá podíl $M_{T, \text{ St.Venant}}$ a $M_{T, \text{ Bredt}}$.
- Vliv torzní deplanace se v modulu STEEL nezohledňuje. Posouzení se tu stejně jako při výpočtu vnitřních sil v RSTABu omezuje výhradně na primární kroutící moment. Pokud nelze deplanaci vlivem sekundárního kroutícího momentu, resp. bimomentu opomenout, pak doporučujeme provést analýzu pomocí přídatného modulu FE-LTB.

Srovnávací napětí

Srovnávací napětí σ_v např. podle DIN 18800, části 1, čl. (748) se vypočítá následovně:

σ_v	Srovnávací napětí z normálových napětí σ a smykových napětí τ $\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{\text{celkem}}^2 + f_2 \cdot \tau_{\text{celkem}}^2}$ f_1 : faktor pro normálová napětí f_2 : faktor pro smyková napětí
------------	--

Tab. 3.3: Srovnávací napětí σ_v


Detaily...

Faktory f_1 a f_2 lze stanovit v dialogu *Detaily*. Přednastaveny tu jsou faktory $f_1 = 1,00$ a $f_2 = 3,00$ podle DIN 18800, části 1, čl. (748).

Využití

Při posouzení napětí se spočítá poměr návrhového a mezního napětí.

Využití profilu v příslušném napětovém bodu lze zjistit pro každý podíl vnitřních sil (srov. kapitola 5.1, strana 37). Standardně se v tabulce zobrazí využití v případě normálových, smykových a srovnávacích napětí. Pokud mezní napětí nebude překročeno, bude využití menší nebo rovno 1,00 a posouzení napětí se považuje za vyhovující.

Max: 0.92 ≤ 1 

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 3.1: Podmínka posouzení pro normálová napětí

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 3.2: Podmínka posouzení pro smyková napětí

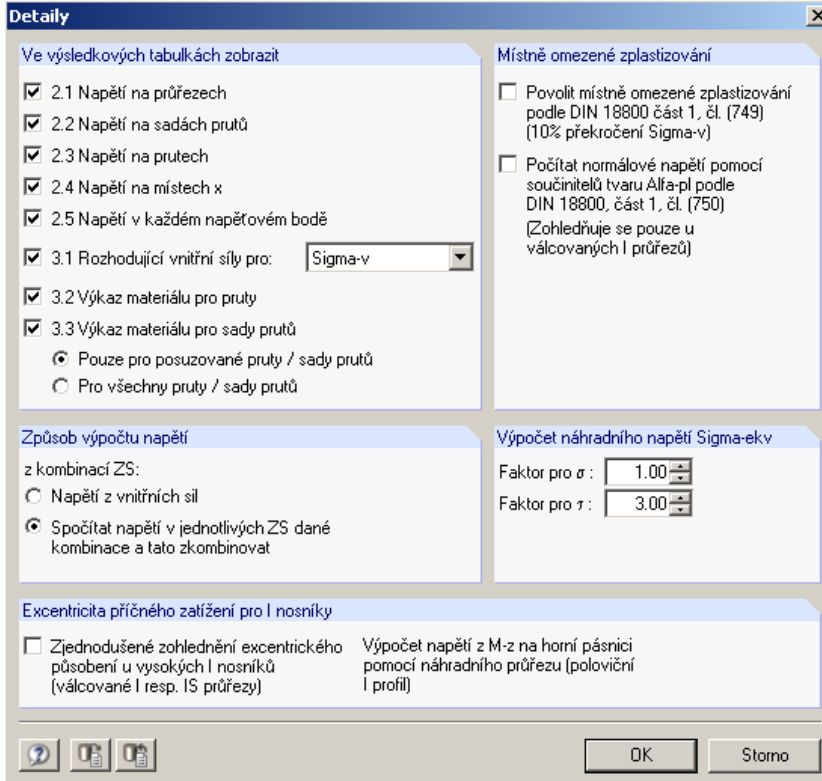
$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 3.3: Podmínka posouzení pro srovnávací napětí

3.2 Detaily výpočtu

Details...

Dialog ke kontrole nastavení různých výpočetních parametrů lze otevřít pomocí tlačítka [Details] z každého dialogu v modulu STEEL.



Detaily

Ve výsledkových tabulkách zobrazit

- 2.1 Napětí na průřezech
- 2.2 Napětí na sadách prutů
- 2.3 Napětí na prutech
- 2.4 Napětí na místech x
- 2.5 Napětí v každém napětovém bodě
- 3.1 Rozhodující vnitřní síly pro: Sigma-v
- 3.2 Výkaz materiálu pro pruty
- 3.3 Výkaz materiálu pro sady prutů
 - Pouze pro posuzované pruty / sady prutů
 - Pro všechny pruty / sady prutů

Místně omezené zplastizování

- Povolit místně omezené zplastizování podle DIN 18800 část 1, čl. (749) (10% překročení Sigma-v)
- Počítat normálové napětí pomocí součinitelů tvaru Alfa-pl podle DIN 18800, část 1, čl. (750) (Zohledňuje se pouze u válcovaných I průřezů)

Způsob výpočtu napětí

z kombinací ZS:

- Napětí z vnitřních sil
- Spočítat napětí v jednotlivých ZS dané kombinace a tato zkombinovat

Výpočet náhradního napětí Sigma-ekv

Faktor pro σ : 1.00

Faktor pro τ : 3.00

Excentricita příčného zatížení pro I nosníky

- Zjednodušené zohlednění excentrického působení u vysokých I nosníků (válcované I resp. IS průřezy) Výpočet napětí z M-z na horní pásnici pomocí náhradního průřezu (poloviční I profil)

OK Storno

Obr. 3.2: Dialog Detaily

Ve výsledkových tabulkách zobrazit

V této sekci lze nastavit, které tabulky výsledků se zobrazí.

Tabulka 2.5 *Napětí v každém napěťovém bodě* je standardně vypnuta, protože v grafickém zobrazení napětí si lze rovněž prohlížet výsledné hodnoty v napěťových bodech. Pokud však chceme zkontrolovat napětí v podrobném přehledu, pak je užitečné zapnout zobrazení této tabulky.

Hodnoty v tabulce 3.1 *Rozhodující vnitřní síly* se obvykle vztahují ke srovnávacímu σ_v . V seznamu tu lze ovšem vybrat i jiný druh napětí.

Zohlednění zplastizování

Místně omezené zplastizování

Uživatel má možnost povolit při posouzení *místně omezené zplastizování* podle DIN 18800, části 1, čl. (749). Při tom může srovnávací napětí σ_v překročit v malých oblastech dovolené mezní namáhání o 10 %. STEEL ověří, zda jsou splněny obě podmínky z článku (749) stanovené pro „malé oblasti“.

$$|\sigma_N + \sigma_{M_y}| \leq 0.8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Rovnice 3.4

$$|\sigma_N + \sigma_{M_z}| \leq 0.8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Rovnice 3.5

Pokud jsou podmínky splněny, mezní napětí pro posouzení σ_v se zvýší o uvedené procento.

Součinitele tvaru α_{pl}

Program nám dále nabízí možnost redukovat napětí *součiniteli tvaru* α_{pl} uvedenými v DIN 18800, části 1, čl. (750). Tato možnost se týká normálových napětí σ_M vlivem ohybových momentů M_y a M_z .

$$\sigma_M = \left| \pm \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z \pm \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y \right|$$

Rovnice 3.6

Pokud zvolíme tuto možnost zplastizování, pak modul STEEL použije součinitele tvaru $\alpha_{pl,y} = 1,14$ a $\alpha_{pl,z} = 1,25$, které norma navrhuje. Možnost místně omezeného zplastizování platí výlučně pro válcované I průřezy.

Způsob výpočtu napětí

V případě dvouosého namáhání se může za určitých okolností stát, že se z kombinací vnitřních sil prutu nespočítají maximální napětí. Jedná se například o případ, kdy jeden zatěžovací stav s vertikálním zatížením obsahuje momenty M_y a žádné momenty M_z a jiný zatěžovací stav s horizontálním zatížením momenty M_z a žádné momenty M_y . Oba zatěžovací stavy vstoupí do kombinace zatěžovacích stavů jako „proměnné“. V tabulce 3.1 *Vnitřní síly* v RSTABu nebude moment M_z přiřazen k maximálnímu momentu M_y , protože horizontální zatížení nepřispívá ke zvýšení momentu od vertikálního zatížení. Pokud posouzení těchto vnitřních sil proběhne zvlášť pro maximální momenty M_y a M_z , pak se nezohlední současný vliv obou vnitřních sil při kombinovaném posouzení napětí v ohybu.

Napětí z vnitřních sil

Při způsobu výpočtu *Napětí z vnitřních sil* se využijí výsledky v tabulce 3.1 *Vnitřní síly* v RSTABu. Maximální a minimální výsledky se zpracují po řádcích a tímto způsobem se spočítají napětí pro každou extrémní hodnotu s příslušnými vnitřními silami.

Výhodou této varianty posouzení je možnost přímo využít výsledky kombinací zatěžovacích stavů, a tím zkrátit dobu výpočtu. Mimoto jsou posuzované vnitřní síly transparentní, protože i v tabulce 3.1 *Rozhodující vnitřní síly* ve STEELu se znovu zobrazí výsledky z tabulky 3.1 *Vnitřní síly* programu RSTAB.

Spočítat napětí v jednotlivých ZS dané kombinace a tato zkombinovat

Tento způsob výpočtu je přednastaven při posouzení napětí kombinací zatěžovacích stavů. Vypočítají se při něm normálová a smyková napětí příslušných zatěžovacích stavů a následně se zkombinují podle zadaného kritéria. Tím se zajistí, aby na vstupu popsané účinky nevedly při výlučně jednoosém namáhání ohybem k příliš malému využití napětí.

Posouzení se provede pro jednotlivé napěťové body. Tlaková, tahová a smyková napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů se následně sečtou a výsledky se pak zobrazí v tabulkách. Jediná výjimka se týká srovnávacího napětí σ_v , které se vypočítá z podílů σ_{celkem} a τ_{celkem} . Superpozice srovnávacích napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů by nebyla správná a vedla by k příliš vysokému vytížení.

Tento způsob výpočtu je poněkud časově náročnější. Kromě toho je těžší vysledovat hodnoty z tabulky 3.1 *Rozhodující vnitřní síly* týkající se srovnávacích napětí.

Vzhledem k tomu, že u komplexnějších prostorových konstrukcí většinou nedochází k čistě jednoosému ohybu, měly by oba způsoby výpočtu využití napětí vést zpravidla ke stejným výsledkům.

Výpočet srovnávacího napětí Sigma-v

V této sekci dialogu lze upravit faktory pro výpočet srovnávacího napětí.

$$\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{celkem}^2 + f_2 \cdot \tau_{celkem}^2}$$

příčemž f_1 : faktor pro normálová napětí

f_2 : faktor pro smyková napětí

Rovnice 3.7

Přednastaveny jsou faktory uvedené v DIN 18800, části 1, čl. (748) $f_1 = 1,00$ a $f_2 = 3,00$.

Excentricita příčného zatížení pro I nosníky

Pokud na horní pásnici nosníků působí příčná zatížení, pak jejich vliv na ohybové napětí v dolní pásnici s rostoucí výškou průřezu klesá. Proto se v případě vysokých I průřezů nabízí možnost zjednodušeně zohlednit excentrické působení příčných zatížení: u každého (!) válcovaného nebo svařovaného symetrického I průřezu, který vybereme k posouzení v aktuální úloze v modulu STEEL, se vypočítá napětí od ohybového momentu M_z pouze na horní pásnici. Použije se přitom náhradní průřez s polovičním momentem setrvačnosti I_z .

Výhodou této možnosti je, že zatížení v modelu v RSTABu lze zadat ve vztahu k těžištové ose, a lze tak zamezit kroucení. Pokud tuto volbu zaškrtneme, proběhne tento výpočet u všech symetrických I průřezů v daném návrhovém případě, proto bychom měli vysoké I nosníky posuzovat zvlášť v samostatném případě.

3.3 Spuštění výpočtu

Výpočet

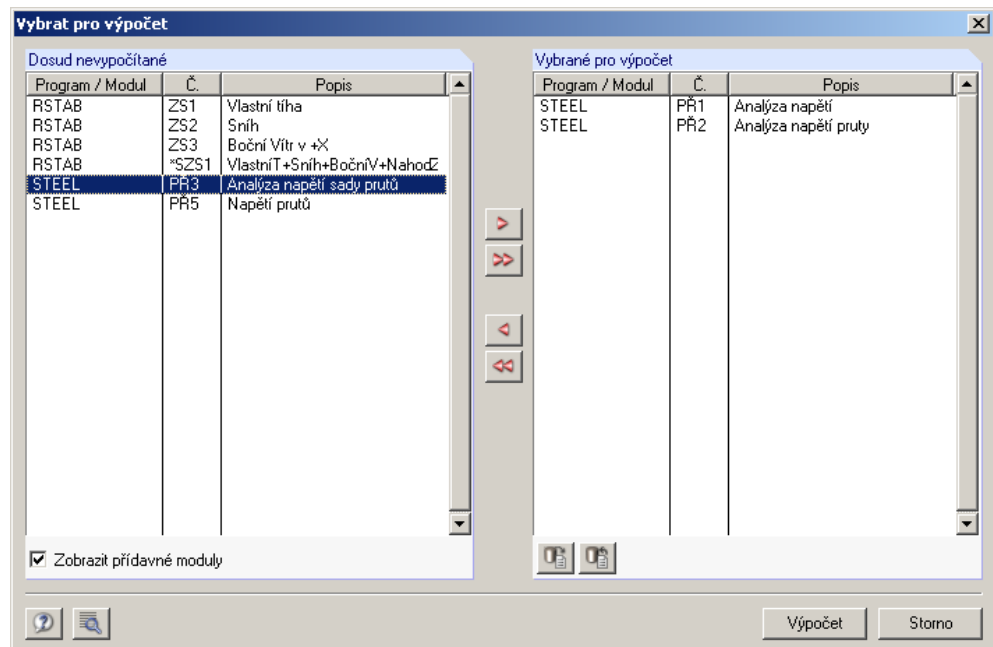
Ve všech třech vstupních dialogích modulu STEEL lze spustit výpočet kliknutím na tlačítko [Výpočet].

STEEL nejdříve hledá výsledky vybraných zatěžovacích stavů, skupin a kombinací zatěžovacích stavů a superkombinací. Pokud je nenajde, spustí se nejdříve v RSTABu výpočet rozhodujících vnitřních sil. Vychází se přitom z výpočetních parametrů zadaných v RSTABu.

Pokud má být provedena optimalizace průřezů (srov. kapitola 7.2, strana 53), spočítají se nejdříve potřebné profily a následně jejich napětí.

Výpočet výsledků modulu STEEL lze spustit také z uživatelského prostředí RSTABu. Seznam přídatných modulů se zobrazí u zatěžovacích stavů a skupin v dialogu *Vybrat pro výpočet*. Tento dialog otevřeme v RSTABu příkazem z hlavní nabídky

Výpočet → **Vybrat pro výpočet...**



Obr. 3.3: Dialog *Vybrat pro výpočet*

Pokud v seznamu *Dosud nevypočítané* chybí návrhové stavy z modulu STEEL, je třeba zaškrtnout políčko *Zobrazit přídatné moduly*.

Tlačítkem [▶] převedeme vybrané návrhové stavy do seznamu vpravo. Výpočet pak spustíme pomocí tlačítka [Výpočet].

Výpočet určitého návrhového stavu z modulu STEEL lze přímo spustit také z panelu nástrojů. V seznamu nastavíme požadovaný návrhový stav a následně klikneme na tlačítko [Zapnout/vypnout výsledky].



Obr. 3.4: Přímý výpočet návrhového stavu z modulu STEEL v programu RSTAB

Výpočet



4. Výsledky

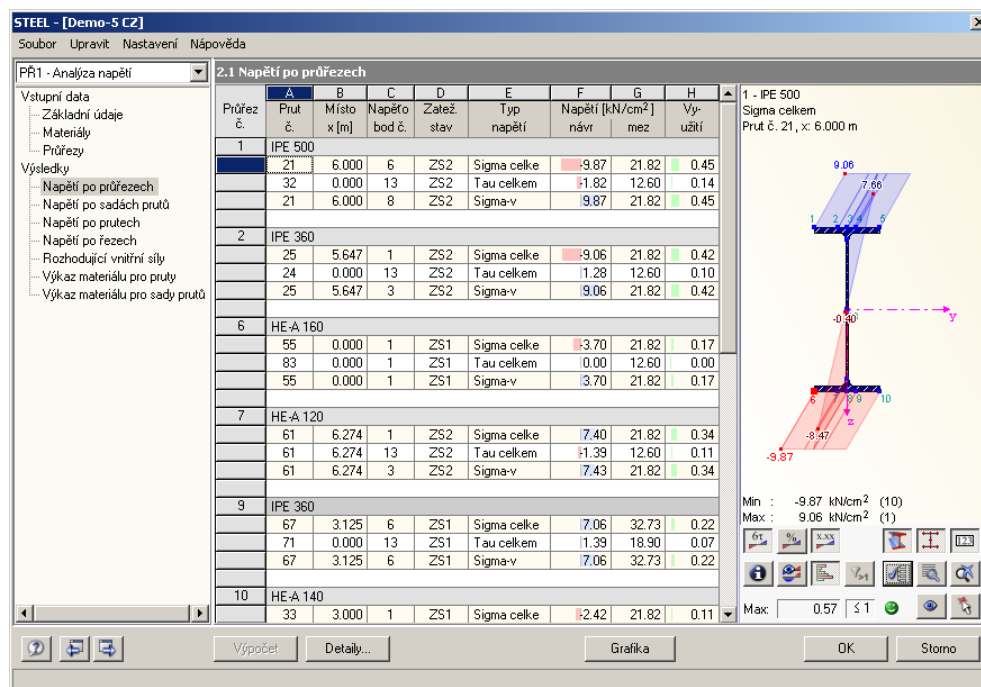


Ihned po skončení výpočtu se zobrazí tabulka 2.1 *Napětí po průřezech*. Ve výsledných tabulkách 2.1 až 2.5 se zobrazí podrobný seznam napětí a využití, následující tabulky 3.1 až 3.3 obsahují rozhodující vnitřní síly a výkaz materiálu. Tabulky výsledků jsou přístupné z navigátoru modulu STEEL. K listování mezi jednotlivými tabulkami lze také použít vlevo znázorněná tlačítka nebo funkční klávesy [F2] a [F3].

Tlačítkem [OK] výsledky uložíme a zavřeme modul STEEL.

V této kapitole popíšeme jednotlivé tabulky postupně podle jejich pořadí. Vyhodnocení a kontrole výsledků se budeme věnovat v následující kapitole 5 *Vyhodnocení výsledků*.

4.1 Napětí po průřezech



STEEL - [Demo-5 CZ]

Soubor Upravit Nastavení Nápověda

PR1 - Analýza napětí

2.1 Napětí po průřezech

Průřez č.	A	B	C	D	E	F	G	H	
Prut č.	Místo x [m]	Napětí bod č.	Zatěž. stav	Typ napětí	Napětí [kN/cm ²]		Vy-užití		
1	IPE 500	21	6.000	6	ZS2	Sigma celke	-9.87	21.82	0.45
		32	0.000	13	ZS2	Tau celkem	-1.82	12.60	0.14
		21	6.000	8	ZS2	Sigma-v	9.87	21.82	0.45
2	IPE 360	25	5.647	1	ZS2	Sigma celke	-9.06	21.82	0.42
		24	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.28	12.60	0.10
		25	5.647	3	ZS2	Sigma-v	9.06	21.82	0.42
6	HE-A 160	55	0.000	1	ZS1	Sigma celke	-3.70	21.82	0.17
		83	0.000	1	ZS1	Tau celkem	0.00	12.60	0.00
		55	0.000	1	ZS1	Sigma-v	3.70	21.82	0.17
7	HE-A 120	61	6.274	1	ZS2	Sigma celke	7.40	21.82	0.34
		61	6.274	13	ZS2	Tau celkem	-1.39	12.60	0.11
		61	6.274	3	ZS2	Sigma-v	7.43	21.82	0.34
9	IPE 360	67	3.125	6	ZS1	Sigma celke	7.06	32.73	0.22
		71	0.000	13	ZS1	Tau celkem	1.39	18.90	0.07
		67	3.125	6	ZS1	Sigma-v	7.06	32.73	0.22
10	HE-A 140	33	3.000	1	ZS1	Sigma celke	-2.42	21.82	0.11

1 - IPE 500
Sigma celkem
Prut č. 21, x: 6.000 m

Min : -9.87 kN/cm² (10)
Max : 9.06 kN/cm² (1)

Max: 0.57 ≤ 1

Výpočet Details... Grafika OK Storno

Obr. 4.1: Tabulka 2.1 *Napětí po průřezech*

V této tabulce se pro všechny pruty vybrané k posouzení zobrazí maximální napětí, která byla zjištěna při výpočtu zatěžovacích stavů, skupin a kombinací zatěžovacích stavů. Napětí se zobrazí v seznamu podle jednotlivých průřezů. V případě prutu s náběhy se zobrazí obě označení průřezů v řádku vedle čísla průřezu.



Ve sloupci E *Typ napětí* se zobrazí složky napětí v závislosti na nastavení v dialogu *Filtrovat napětí* (viz obr. 5.3, strana 37). Tento dialog otevřeme kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.

Prut č.

U každého průřezu a typu napětí se uvede číslo prutu s největším využitím napětí.

Místo x

V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu, kde byla zjištěna maximální hodnota napětí. Zohledňují se následující místa x na prutu:

- Počáteční a koncový uzel
- Vnitřní uzly podle zadaného dělení prutu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

Napěťový bod č.

Posouzení se provádí v takzvaných napěťových bodech profilu. Jedná se o místa na průřezu, která jsou definována vzdálenostmi těžišť, statickými momenty a tloušťkami profilu. Na základě těchto vlastností průřezu lze posouzení provést pomocí rovnic uvedených v tab. 3.1 a tab. 3.2.

Všechny standardní profily z knihovny průřezů SHAPE-THIN a SHAPE-MASSIVE jsou již opatřeny napěťovými body na všech místech průřezu relevantních pro posouzení. V případě, že uživatel definuje profil sám, je třeba příslušné parametry zadat ručně nebo je případně importovat.

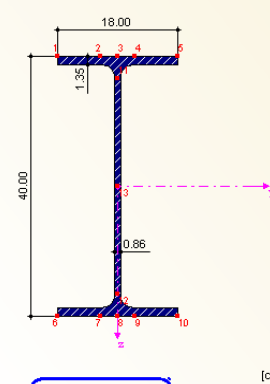
V obrázku na pravé straně dialogu lze zapnout zobrazení napěťových bodů včetně číslování. Aktuální napěťový bod (tzn. napěťový bod v řádku, v němž se nachází kurzor myši), se zvýrazní červeně.

Po kliknutí na tlačítko [Detaily průřezu...] můžeme zkontrolovat hodnoty přiřazené danému napěťovému bodu. Nejdříve se otevře dialog *Informace o průřezu* se seznamem všech průřezových hodnot. V tomto dialogu vpravo pod obrázkem se nachází tlačítko [Detaily napěťových bodů...], které slouží pro přístup k informacím o napěťových bodech.



Informace o průřezu IPE 400

Označení hodnoty průřezu	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	40.00	cm
Šířka profilu	b	18.00	cm
Tloušťka stojiny	t _s	0.86	cm
Tloušťka pásnice	t _g	1.35	cm
Poloměr zaoblení	r	2.10	cm
Plocha průřezu	A	84.50	cm ²
Smyková plocha	A _y	40.65	cm ²
Smyková plocha	A _z	32.31	cm ²
Účinná smyková plocha podle EC 3	A _{v,y}	51.15	cm ²
Účinná smyková plocha podle EC 3	A _{v,z}	42.73	cm ²
Plocha stojiny	A _{stoj}	32.10	cm ²
Moment setrvačnosti (plošný momen)	I _y	23130.00	cm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný momen)	I _z	1320.00	cm ⁴
Poloměr setrvačnosti	I _y	16.50	cm
Poloměr setrvačnosti	I _z	3.95	cm
Polární poloměr setrvačnosti	I _p	16.37	cm
Poloměr setrvačnosti pásnice + 1/5 ·	I _{sg}	4.49	cm
Hmotnost průřezu	G	66.3	kg/m
Dbvod	D	1.467	m ² /m
Moment tuhosti v kroucení	I _t	51.40	cm ⁴
Výšečový moment setrvačnosti	I _ω	490000.00	cm ⁶
Průřezový modul	W _y	1160.00	cm ³
Průřezový modul	W _z	146.00	cm ³
Výšečový průřezový modul	W _ω	2817.31	cm ⁴
Statický moment	S _{y,max}	654.00	cm ³
Statický moment	S _{z,max}	54.67	cm ³
Výšečová souřadnice	ω _{max}	173.93	cm ²
Výšečová plocha (plošný moment 1.	S _{ω,max}	1056.59	cm ⁴
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	1308.00	cm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	229.00	cm ³



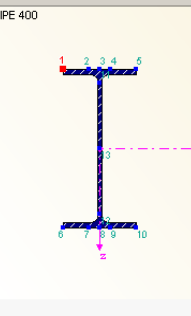
[cm]

Napěťové body

c/t části průřezu

Napěťové body IPE 400

Nap. b. č.	Souřadnice		Statické momenty		Tloušťka t [cm]	Deplanace	
	y [cm]	z [cm]	S _y [cm ³]	S _z [cm ³]		ω [cm ²]	Δω [cm ⁴]
1	-9.00	-20.00	0.00	0.00	1.35	173.93	0.00
2	-2.53	-20.00	-168.62	-50.34	1.35	48.89	-973.10
3	0.00	-20.00	-237.96	-54.97	1.35	0.00	-1056.59
4	2.53	-20.00	-168.62	50.34	1.35	-48.89	973.10
5	9.00	-20.00	0.00	0.00	1.35	-173.93	0.00
6	-9.00	20.00	0.00	0.00	1.35	-173.93	0.00
7	-2.53	20.00	-168.79	50.35	1.35	-48.89	-973.10
8	0.00	20.00	-237.96	54.97	1.35	0.00	-1056.59
9	2.53	20.00	-168.79	-50.35	1.35	48.89	973.10
10	9.00	20.00	0.00	0.00	1.35	173.93	0.00
11	0.00	-16.55	-531.91	0.00	0.86	0.00	0.00
12	0.00	16.55	-533.52	0.00	0.86	0.00	0.00
13	0.00	0.00	-649.68	0.00	0.86	0.00	0.00



Storno

Obr. 4.2: Informace o průřezu: *Napěťové body*

Ve sloupcích *Souřadnice y* a *z* jsou uvedeny vzdálenosti těžišť e_y resp. e_z , ve sloupcích *Statické momenty* S_y a S_z plošné momenty 1. stupně vztažené k hlavní ose *y* resp. *z*. *Tloušťka t* představuje tloušťku materiálu v daném napěťovém bodě. Hodnoty uvedené ve sloupcích *Deplanace* nemají pro posouzení v modulu STEEL význam.



Posouzení napětí se provádí pro každý jednotlivý napěťový bod, proto při kombinovaném posouzení (např. σ_v) zpravidla nelze sčítat složky maximálních napětí, protože většinou platí pro různé napěťové body. Sčítat musíme složky napětí, které působí ve stejných napěťových bodech. Výsledky pro jednotlivé napěťové body lze vyhodnotit např. v tabulce 2.5 (viz kapitola 4.5, strana 31) nebo v okně *Průřezové charakteristiky a průběh napětí* (viz obr. 5.5, strana 39).

Zatěžovací stav

Ve sloupci C bude uveden zatěžovací stav (popř. skupina, kombinace zatěžovacích stavů nebo superkombinace), jehož vnitřní síly způsobují maximální napětí.

Typ napětí

Standardně se v seznamu zobrazí normálová napětí σ_{celkem} , smyková napětí τ_{celkem} a srovnávací napětí σ_v . Výpočet těchto napětí jsme vysvětlili v tab. 3.1, tab. 3.2 a tab. 3.3 na straně 19 až 20.



Pro kontrolu lze aktivovat zobrazení i jiných působících složek napětí tak, jak vidíme na obr. 4.3 níže. Jednotlivé složky napětí můžeme vybrat v dialogu *Filtrovat napětí* (srov. obr. 5.3, strana 37), který otevřeme kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.

Napětí návrh

V tomto sloupci se zobrazí extrémní hodnoty návrhových napětí, které byly spočítány pomocí rovnic uvedených na straně 19 až 20 v tab. 3.1, tab. 3.2 a tab. 3.3.


Napětí mez

V tomto sloupci najdeme mezní napětí z tabulky 1.2 (viz kapitola 2.2, strana 10). Konkrétně se jedná o následující namáhání:

- Mezní normálové napětí σ_x jako dovolené namáhání ohybem a normálovou silou
- Mezní smykové napětí τ jako dovolené smykové namáhání posouvající silou a kroucením
- Mezní srovnávací napětí σ_v jako dovolené srovnávací napětí pro současné působení několika napětí

Využití

Pro každou složku napětí se spočítá podíl návrhového a mezního napětí. Pokud nebude mezní napětí překročeno, je využití menší nebo rovno 1,00 a posouzení napětí se považuje za vyhovující.

Max: 0.92 ≤ 1 

4.2 Napětí po sadách prutů

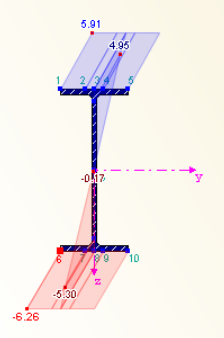
STEEL - [Demo-5 CZ]
Soubor Upravit Nastavení Nápověda

PŘ1 - Analýza napětí

2.2 Napětí po sadách prutů

sada prutů	A	B	C	D	E	F	G	H
Prut č.	Místo x [m]	Napěťo bod č.	Zatež. stav	Typ napětí	Napětí [kN/cm ²]	návr.	mez	Vy-užití
1 Sada 1 (prut č. 3-8)								
3	0.000	6	ZS2	Sigma celke	-6.26	21.82	0.29	
4	0.000	1	ZS2	Sigma N	+0.23	21.82	0.01	
3	0.000	1	ZS2	Sigma M-y	6.09	21.82	0.28	
4	3.262	1	ZS1	Sigma M-z	0.02	21.82	0.00	
3	0.000	6	ZS2	Sigma N+M-y	-6.26	21.82	0.29	
4	0.000	1	ZS2	Sigma N+M-z	+0.23	21.82	0.01	
3	0.000	1	ZS2	Sigma M	6.09	21.82	0.28	
3	0.000	1	ZS2	Sigma tah	5.91	21.82	0.27	
3	0.000	6	ZS2	Sigma tlak	-6.26	21.82	0.29	
3	0.000	10		Sigma delta	1.70			
3	3.011	13	ZS2	Tau celkem	0.73	12.60	0.06	
3	3.011	3	ZS1	Tau V-y	0.00	12.60	0.00	
3	3.011	13	ZS2	Tau V-z	0.73	12.60	0.06	
3	3.011	13	ZS2	Tau V	0.73	12.60	0.06	
4	0.000	1	ZS1	Tau M-T SLV	0.00	12.60	0.00	
3	0.000	1	ZS1	Tau M-T Bre	0.00	12.60	0.00	
4	0.000	1	ZS1	Tau M-T	0.00	12.60	0.00	
3	0.000	8	ZS2	Sigma-v	6.26	21.82	0.29	
2 Sada 2 (prut č. 13-18)								
18	3.011	6	ZS2	Sigma celke	-11.56	21.82	0.53	
17	3.262	1	ZS2	Sigma N	+0.43	21.82	0.02	
13	0.000	1	ZS2	Sigma M-y	11.24	21.82	0.51	
15	0.000	1	ZS1	Sigma M-z	0.02	21.82	0.00	
18	3.011	6	ZS2	Sigma N+M-y	-11.56	21.82	0.53	
17	3.262	1	ZS2	Sigma N+M-z	-0.43	21.82	0.02	

3 - 2: IPE 450 - IPE 360
Sigma celkem
Prut č. 3, x: 0.000 m



Min : -6.26 kN/cm² (10)
Max : 5.91 kN/cm² (1)

Max : 0.57 ≤ 1

Výpočet Details... Grafika OK Storno

Obr. 4.3: Tabulka 2.2 Napětí po sadách prutů

Tato výstupní tabulka se zobrazí, pokud byla k posouzení vybrána alespoň jedna sada prutů. Maximální napětí jsou v seznamu seřazena podle sad prutů.

Výhodou výsledků pro jednotlivé sady prutů je přehledné zobrazení posouzení napětí pro celou skupinu dílců (např. pro rám) v jediné tabulce.

Jednotlivé sloupce jsou popsány v předchozí kapitole 4.1. Ve sloupci *Prut č.* se zobrazí číslo prutu z dané sady prutů s největším využitím.

4.3 Napětí po prutech

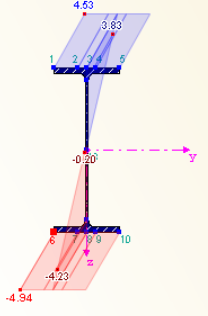
STEEL - [Demo-5 CZ]
Soubor Upravit Nastavení Nápověda

PR1 - Analýza napětí

2.3 Napětí po prutech

Prut č.	Místo x [m]	Nap. bod Rozhoduj. č.	ZS/SZS/	Napětí- typ	Napětí [kN/cm ²] návr	mez	Vy- užití
1 Průřez č. 1 - IPE 500							
6.000	6	ZS2		Sigma celkem	-4.94	21.82	0.23
0.000	1	ZS1		Sigma N	-0.62	21.82	0.03
6.000	1	ZS2		Sigma M-y	4.73	21.82	0.22
6.000	1	ZS1		Sigma M-z	0.00	21.82	0.00
0.000	13	ZS2		Tau celkem	-0.34	12.60	0.03
0.000	3	ZS1		Tau V-y	0.00	12.60	0.00
0.000	13	ZS2		Tau V-z	-0.34	12.60	0.03
0.000	1	ZS1		Tau M-T	0.00	12.60	0.00
6.000	8	ZS2		Sigma-v	4.94	21.82	0.23
2 Průřez č. 1 - IPE 500							
6.000	1	ZS2		Sigma celkem	-4.94	21.82	0.23
0.000	1	ZS1		Sigma N	-0.62	21.82	0.03
6.000	1	ZS2		Sigma M-y	-4.73	21.82	0.22
6.000	1	ZS1		Sigma M-z	0.00	21.82	0.00
0.000	13	ZS2		Tau celkem	0.34	12.60	0.03
0.000	3	ZS1		Tau V-y	0.00	12.60	0.00
0.000	13	ZS2		Tau V-z	0.34	12.60	0.03
0.000	1	ZS1		Tau M-T	0.00	12.60	0.00
6.000	3	ZS2		Sigma-v	4.94	21.82	0.23
3 Průřez č. 3 - 2- IPE 450 - IPE 360							
0.000	6	ZS2		Sigma celkem	-6.26	21.82	0.29
3.011	1	ZS2		Sigma N	-0.23	21.82	0.01
0.000	1	ZS2		Sigma M-y	6.09	21.82	0.28
3.011	1	ZS1		Sigma M-z	0.01	21.82	0.00

1 - IPE 500
Sigma celkem
Prut č. 1, x: 6.000 m



Min : -4.94 kN/cm² (10)
Max : 4.53 kN/cm² (1)

Max: 0.57 ≤ 1

Výpočet Detaily... Grafika OK Storno

Obr. 4.4: Tabulka 2.3 *Napětí po prutech*

V této výsledné tabulce se zobrazí maximální napětí seřazená podle čísel prutů. Pro každý prut se uvede *Místo x*, v kterém byla zjištěna maximální hodnota napětí.

Popis jednotlivých sloupců najdete v kapitole 4.1 na straně 25.

4.4 Napětí po řezech

STEEL - [Demo-5 CZ]

Soubor Upravit Nastavení nápověda

PŘ1 - Analýza napětí

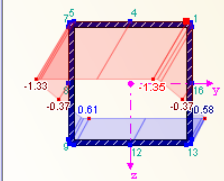
2.4 Napětí po řezech

Vstupní data

- Základní údaje
- Materiály
- Průřezy
- Výsledky
 - Napětí po průřezech
 - Napětí po sadách prutů
 - Napětí po prutech
 - Napětí po řezech
 - Napětí v každém napětovém b
 - Rozhodující vnitřní síly
 - Výkaz materiálu pro pruty
 - Výkaz materiálu pro sady prutů

Prut č.	Místo x [m]	Nap. bod č.	Rozhoduj. ZS/SZS/	Napětí- typ	Napětí [kN/cm ²]		Vy- užití
					návr	mez	
	0.000	1	ZS1	Sigma celkem	-0.37	21.82	0.02
	0.000	8	ZS1	Tau celkem	-0.04	12.60	0.00
	0.000	8	ZS1	Sigma-v	0.38	21.82	0.02
104	Průřez č. 12 - QRO 80x4						
	1.000	3	ZS1	Sigma celkem	-1.03	21.82	0.05
	1.000	8	ZS1	Tau celkem	-0.03	12.60	0.00
	1.000	3	ZS1	Sigma-v	1.03	21.82	0.05
104	Průřez č. 12 - QRO 80x4						
	2.000	3	ZS1	Sigma celkem	-1.35	21.82	0.06
	2.000	8	ZS1	Tau celkem	-0.01	12.60	0.00
	2.000	3	ZS1	Sigma-v	1.35	21.82	0.06
104	Průřez č. 12 - QRO 80x4						
	2.500	3	ZS1	Sigma celkem	-1.40	21.82	0.06
	2.500	1	ZS1	Tau celkem	0.00	12.60	0.00
	2.500	3	ZS1	Sigma-v	1.40	21.82	0.06
104	Průřez č. 12 - QRO 80x4						
	3.000	3	ZS1	Sigma celkem	-1.35	21.82	0.06
	3.000	8	ZS1	Tau celkem	0.01	12.60	0.00
	3.000	3	ZS1	Sigma-v	1.35	21.82	0.06
104	Průřez č. 12 - QRO 80x4						
	4.000	3	ZS1	Sigma celkem	-1.03	21.82	0.05
	4.000	8	ZS1	Tau celkem	0.03	12.60	0.00

12 - QRO 80x4
Sigma celkem
Prut č. 104, x: 2.000 m



Min : -1.35 kN/cm² (5)
Max : 0.61 kN/cm² (11)

Max: 0.57 ≤ 1

Výpočet Detaily... Grafika OK Storno

Obr. 4.5: Tabulka 2.4 Napětí po řezech

Tato výstupní tabulka obsahuje seznam maximálních napětí každého prutu v následujících místech x podle dělení zadaného v RSTABu:

- Počáteční a koncový uzel
- Vnitřní uzly podle zadaného dělení prutu
- Dělicí body podle počtu dílů prutu zadaného pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Možnosti* v RSTABu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

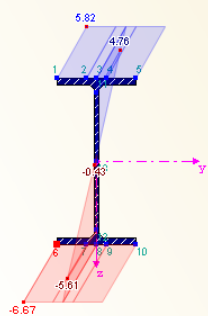
4.5 Napětí v každém napěťovém bodu

STEEL - [Demo-5 CZ]
Soubor Upravit Nastavení Nápověda

2.5 Napětí v každém napěťovém bodu

Prut č.	Místo x [m]	Nap. bod Rozhoduj. ZS/SZS/	Napěti- typ	Napětí [kN/cm ²] návr	mez	Vy- užítí
3.262	5	ZS1	Tau celkem	0.00	12.60	0.00
			Tau V-y	0.00	12.60	0.00
			Tau V-z	0.00	12.60	0.00
			Tau V	0.00	12.60	0.00
			Tau M-T	0.00	12.60	0.00
			Sigma-v	5.82	21.82	0.27
17 Průřez č. 2 - IPE 360						
3.262	6	ZS2	Sigma celkem	-6.67	21.82	0.31
			Sigma N	-0.43	21.82	0.02
			Sigma M-y	-6.25	21.82	0.29
			Sigma M-z	0.00	21.82	0.00
			Tau celkem	0.00	12.60	0.00
			Tau V-y	0.00	12.60	0.00
			Tau V-z	0.00	12.60	0.00
			Tau V	0.00	12.60	0.00
			Tau M-T	0.00	12.60	0.00
			Sigma-v	6.67	21.82	0.31
17 Průřez č. 2 - IPE 360						
3.262	7	ZS2	Sigma celkem	-6.67	21.82	0.31
			Sigma N	-0.43	21.82	0.02
			Sigma M-y	-6.25	21.82	0.29
			Sigma M-z	0.00	21.82	0.00
			Tau celkem	-0.21	12.60	0.02
			Tau V-y	0.00	12.60	0.00
Tau V-z	-0.21	12.60	0.02			

2 - IPE 360
Sigma celkem
Prut č. 17, x: 3.262 m



Min : -6.67 kN/cm² (10)
Max : 5.82 kN/cm² (1)

Max: 0.57 ≤ 1

Výpočet Details... Grafika OK Storno

Obr. 4.6: Tabulka 2.5 Napětí v každém napěťovém bodu

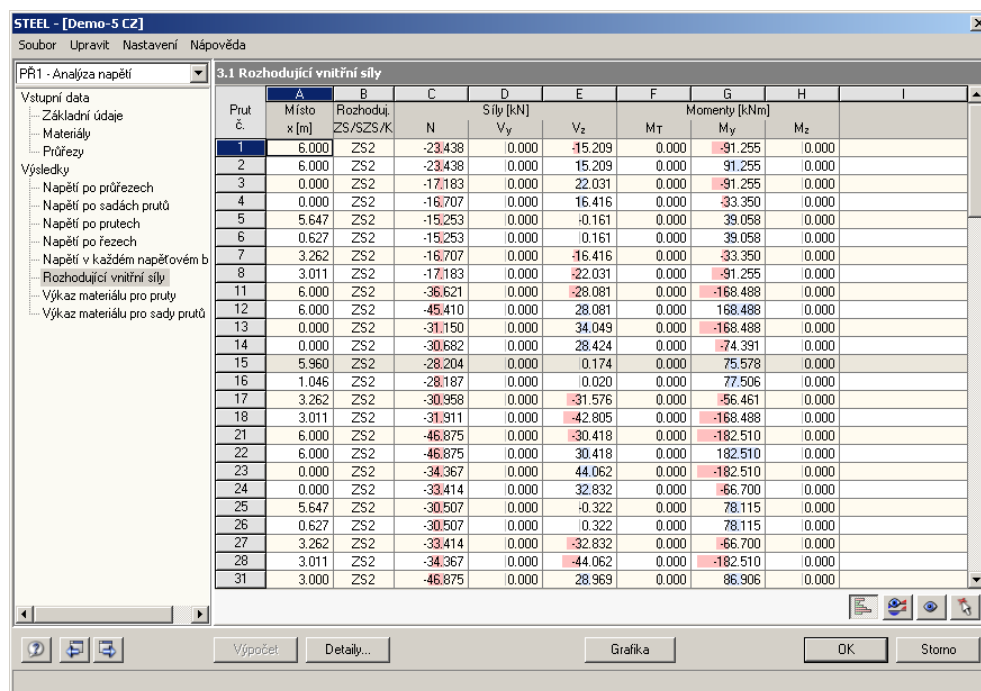
Details...

Vzhledem k tomu, že vyhodnocení po jednotlivých napěťových bodech se většinou nevyžaduje, nezobrazí se tato tabulka při standardním nastavení. Její zobrazení však můžeme aktivovat v dialogu *Details* (viz obr. 3.2, strana 21), který otevřeme kliknutím na stejnojmenné tlačítko v každé tabulce.

V tabulce 2.5 se zobrazuje značné množství dat. Vzhledem k tomu, že největší hodnoty napětí a tudíž i rozhodující napěťové body spočítá STEEL automaticky, není ve většině případů nutné tuto tabulku zobrazovat. Navíc lze cíleně zhodnotit výsledky v napěťových bodech i ve výše uvedených tabulkách po kliknutí na tlačítko [Details průřezu...] a následně na [Details napěťových bodů...] pod obrázkem vpravo. V dialogu *Průřezové charakteristiky a průběh napětí* (srov. obr. 5.5, strana 39) si lze prohlédnout grafické i číselné výsledky pro každý napěťový bod.

Napětí jsou v seznamu seřazena pro každý prut podle *míst x* a *napěťových bodů*. V kapitole 4.1 na straně 25 jsou jednotlivé sloupce tabulky popsány.

4.6 Rozhodující vnitřní síly



Prut č.	Místo x [m]	Rozhoduj. ZS/SZS/K	N	Síly [kN]		Momenty [kNm]		
				V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
1	6.000	ZS2	-23.438	0.000	-15.209	0.000	-91.255	0.000
2	6.000	ZS2	-23.438	0.000	15.209	0.000	91.255	0.000
3	0.000	ZS2	-17.183	0.000	22.031	0.000	-91.255	0.000
4	0.000	ZS2	-16.707	0.000	16.416	0.000	-33.350	0.000
5	5.647	ZS2	-15.253	0.000	-0.161	0.000	39.058	0.000
6	0.627	ZS2	-15.253	0.000	0.161	0.000	39.058	0.000
7	3.262	ZS2	-16.707	0.000	-16.416	0.000	-33.350	0.000
8	3.011	ZS2	-17.183	0.000	-22.031	0.000	-91.255	0.000
11	6.000	ZS2	-36.621	0.000	-28.081	0.000	-168.488	0.000
12	6.000	ZS2	-45.410	0.000	28.081	0.000	168.488	0.000
13	0.000	ZS2	-31.150	0.000	34.049	0.000	-168.488	0.000
14	0.000	ZS2	-30.682	0.000	28.424	0.000	-74.391	0.000
15	5.960	ZS2	-28.204	0.000	0.174	0.000	75.578	0.000
16	1.046	ZS2	-28.187	0.000	0.020	0.000	77.506	0.000
17	3.262	ZS2	-30.958	0.000	-31.576	0.000	-56.461	0.000
18	3.011	ZS2	-31.911	0.000	-42.805	0.000	-168.488	0.000
21	6.000	ZS2	-46.875	0.000	-30.418	0.000	-182.510	0.000
22	6.000	ZS2	-46.875	0.000	30.418	0.000	182.510	0.000
23	0.000	ZS2	-34.367	0.000	44.062	0.000	-182.510	0.000
24	0.000	ZS2	-33.414	0.000	32.832	0.000	-66.700	0.000
25	5.647	ZS2	-30.507	0.000	-0.322	0.000	78.115	0.000
26	0.627	ZS2	-30.507	0.000	0.322	0.000	78.115	0.000
27	3.262	ZS2	-33.414	0.000	-32.832	0.000	-66.700	0.000
28	3.011	ZS2	-34.367	0.000	-44.062	0.000	-182.510	0.000
31	3.000	ZS2	-46.875	0.000	28.969	0.000	86.906	0.000

Obr. 4.7: Tabulka 3.1 Rozhodující vnitřní síly

Detaily...

V této tabulce se pro každý prut zobrazí rozhodující vnitřní síly, které vedou k maximálnímu využití. Při standardním nastavení se zobrazí rozhodující vnitřní síly pro srovnávací napětí σ_v . V dialogu *Detaily* (viz obr. 3.2, strana 21), který otevřeme pomocí stejnojmenného tlačítka, lze však vnitřní síly vztáhnout k jiné složce napětí.

Pokud uživatel zvolil variantu posouzení *Spočítat napětí v jednotlivých ZS dané kombinace a tato zkombinovat podle kritéria pro kombinace ZS*, nelze přímo využít výsledky z výstupní tabulky RSTABu 3.1 *Vnitřní síly*. Tlaková, tahová a smyková napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů se sečtou a následně se zobrazí ve výsledných tabulkách STEELu. Srovnávací napětí σ_v se oproti tomu vypočítá ze složek σ_{celkem} a τ_{celkem} , a hodnoty v tabulce 3.1 pak nejsou zcela transparentní.

Místo x

Pro každý prut se zobrazí místo x na prutu, kde bylo zjištěno maximální využití.

Zatěžovací stav

V tomto sloupci se zobrazí číslo zatěžovacího stavu (popř. skupiny, kombinace zatěžovacích stavů nebo superkombinace), u kterého vnitřní síly na prutu způsobují maximální napětí.

Síly / Momenty

Pro každý prut se zobrazí rozhodující normálové a posouvající síly a také kroutící a ohybové momenty.

4.7 Výkaz materiálu pro pruty

STEEL - [Demo-5 CZ]

Soubor Upravit Nastavení Nápověda

PŘÍ1 - Analýza napětí

3.2 Výkaz materiálu pro pruty

Položka č.	A Průřez	B Počet prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Povrch [m ²]	F Objem [m ³]	G Měr. hmotn. [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmotn. [t]
1	1 - IPE 500	6	6.00	36.00	62.78	0.42	91.06	546.36	3.278
2	2 - IPE 360 / 3 - IPE 450	8	3.01	24.09	35.63	0.21	67.31	202.70	1.622
3	2 - IPE 360	8	3.26	26.10	35.31	0.19	57.07	186.19	1.490
4	2 - IPE 360	8	6.27	50.19	67.91	0.36	57.07	358.05	2.864
5	1 - IPE 500	4	3.00	12.00	20.93	0.14	91.06	273.18	1.093
6	10 - HE-A 140	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE-A 140	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE-A 140	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - HE-A 200	4	3.00	12.00	13.68	0.06	42.23	126.70	0.507
10	6 - HE-A 160	3	3.00	9.00	8.15	0.03	30.46	91.37	0.274
11	6 - HE-A 160	2	3.55	7.09	6.43	0.03	30.46	108.00	0.216
12	6 - HE-A 160	1	4.09	4.09	3.71	0.02	30.46	124.70	0.125
13	7 - HE-A 100	4	6.27	25.10	14.08	0.05	16.64	104.41	0.418
14	9 - IPE 360	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
15	6 - HE-A 160	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
16	6 - HE-A 160	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
17	12 - QRD 80x4	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	416.90	2.21			17.368

Vstupní data
Základní údaje
Materiály
Průřezy
Výsledky
Napětí po průřezech
Napětí po sadách prutů
Napětí po prutech
Napětí po řezech
Napětí v každém napětovém b
Rozhodující vnitřní síly
Výkaz materiálu pro pruty
Výkaz materiálu pro sady prutů

Výpočet Detaily... Grafika OK Storno

Obr. 4.8: Tabulka 3.2 Výkaz materiálu pro pruty

Detaily...

Nakonec se zobrazí seznam všech profilů uvažovaných v daném návrhovém stavu. Při standardním nastavení bude seznam obsahovat jen posuzované pruty. Pokud chceme, aby výkaz zahrnoval všechny pruty v konstrukci, lze upravit nastavení v dialogu *Detaily* (srov. obr. 3.2, strana 21), který otevřeme pomocí stejnojmenného tlačítka.

Položka č.

Stejným prutům se automaticky přiřadí stejné číslo položky.

Průřez

V tomto sloupci se zobrazí označení průřezů.

Počet prutů

U každé položky se uvede počet stejných použitých prutů.

Délka

V tomto sloupci se zobrazí délka jednotlivého prutu.

Celková délka

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

Povrch

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 [Detaily průřezu...] v tabulkách 1.3 až 2.4.



Objem

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

Měrná hmotnost

Měrná hmotnost průřezu představuje hmotnost na 1 m. 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.

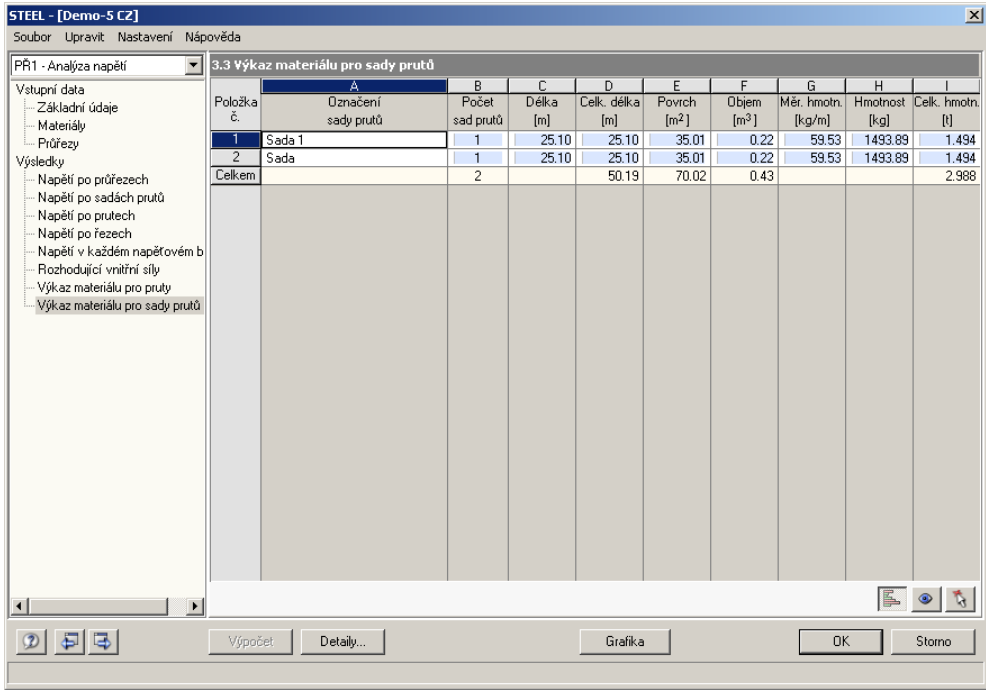
Celková hmotnost

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

Celkem

V řádku pod seznamem je uveden součet hodnot v jednotlivých sloupcích. V poli *Celková hmotnost* vidíme celkové požadované množství oceli.

4.8 Výkaz materiálu pro sady prutů



The screenshot shows a software window titled 'STEEL - [Demo-5 CZ]' with a menu bar (Soubor, Upravit, Nastavení, Nápověda) and a tree view on the left. The main area displays a table with the following data:

Položka č.	A Označení sady prutů	B Počet sad prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Povrch [m ²]	F Objem [m ³]	G Měr. hmotn. [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmotn. [t]
1	Sada 1	1	25.10	25.10	35.01	0.22	59.53	1493.89	1.494
2	Sada	1	25.10	25.10	35.01	0.22	59.53	1493.89	1.494
Celkem		2		50.19	70.02	0.43			2.988

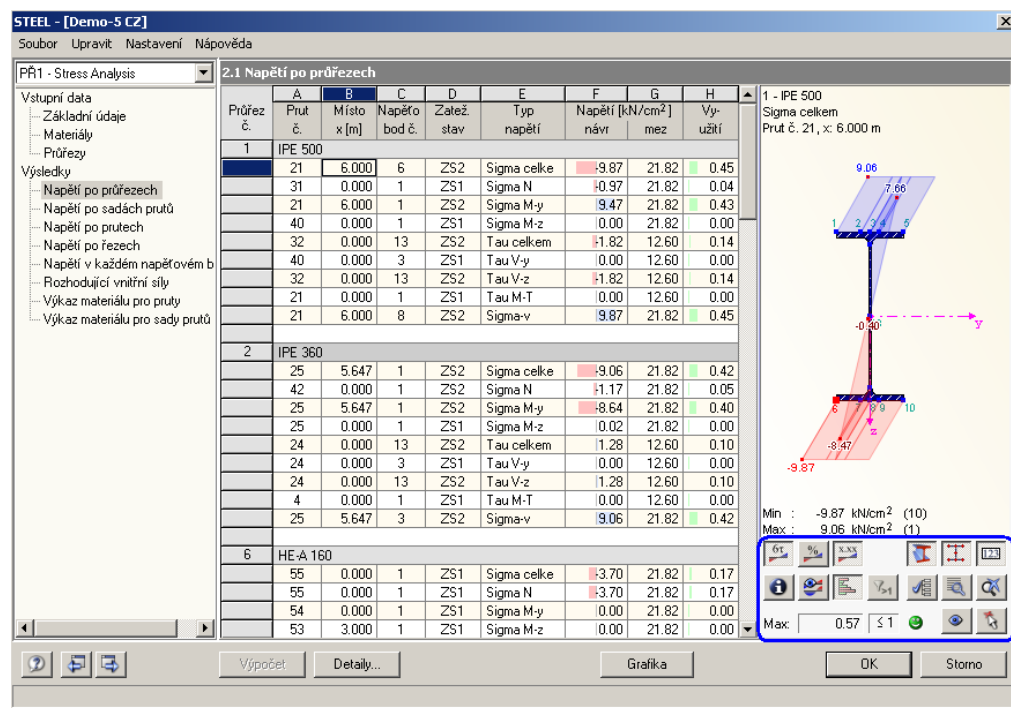
Obr. 4.9: Tabulka 3.3 Výkaz materiálu pro sady prutů

Tato poslední tabulka v modulu STEEL je k dispozici pouze v případě, že k posouzení byla vybrána alespoň jedna sada prutů. Výhodou výsledků pro jednotlivé sady prutů je zobrazení souhrnného výkazu materiálu pro celou skupinu dílců (např. pro rám).

Jednotlivé sloupce tabulky jsou popsány v předchozí kapitole 4.7. U rozdílných průřezů v sadě prutů se spočítá plocha, objem a měrná hmotnost.








5. Vyhodnocení výsledků









Jakmile je posouzení ukončeno, má uživatel více možností, jak výsledky vyhodnotit. Velmi užitečné jsou přitom tlačítka nacházející se vpravo v dialogu pod grafickým zobrazením.



Obr. 5.1: Tlačítka pro vyhodnocení výsledků

Tlačítka mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Zobrazit průběh napětí	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí grafického zobrazení napětí na průřezu.
	Využití napětí	Slouží jako alternativa k zobrazení průběhu napětí k zapnutí, popř. vypnutí grafického zobrazení využití napětí.
	Zobrazit hodnoty	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí hodnot v grafickém zobrazení průběhu nebo využití napětí.
	Zobrazit plný průřez	Slouží k zobrazení obrysu průřezu v obrázku.
	Napětové body	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí napětových bodů v grafickém zobrazení průřezu.
	Číslování	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí číslování napětových bodů.
	Detaily průřezu	Slouží k otevření dialogu <i>Informace o průřezu</i> s hodnotami aktuálního průřezu.

	Zobrazit grafy výsledků aktuálního prutu	Slouží k otevření diagramu <i>Průběhy výsledků na prutu</i> → kapitola 5.4, strana 43.
	Zobrazit barvy v tabulce	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí barevného pozadí v tabulkách výsledků podle referenční stupnice.
	Zobrazit řádky s poměrem > 1	Pomocí tohoto tlačítka se zobrazí pouze řádky s využitím větším než 1, kdy nevyhovuje posouzení.
	Vybrat napětí pro zobrazení	Slouží k otevření dialogu <i>Filtrovat napětí</i> → kapitola 5.1, strana 37.
	Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí	Slouží k otevření dialogu <i>Průřezové charakteristiky a průběh napětí</i> → kapitola 5.2, strana 38.
	Zobrazit celý obrázek	Pomocí tohoto tlačítka se znovu zobrazí celý obrázek (zvětšení/zmenšení rolováním kolečka myši, posun pomocí funkce Drag&Drop).
	Skok do grafiky pro změnu zobrazení	Umožňuje skok do pracovního okna RSTABu, kde lze změnit nastavení zobrazení.
	Vybrat prut v obrázku a přejít na tento prut do tabulky	V okně v RSTABu lze kliknout na určitý prut, jehož napětí se pak zobrazí v tabulce.

Tab. 5.1: Tlačítka v tabulkách výsledků 2.1 až 2.5

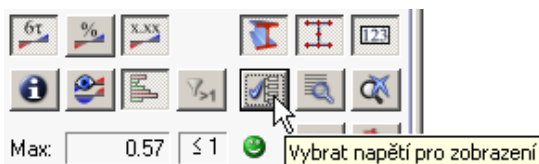
5.1 Výběr napětí

Po ukončení posouzení se zobrazí následující přednastavené typy napětí:

- Normálové napětí σ_{celkem}
- Smykové napětí τ_{celkem}
- Srovnávací napětí σ_v

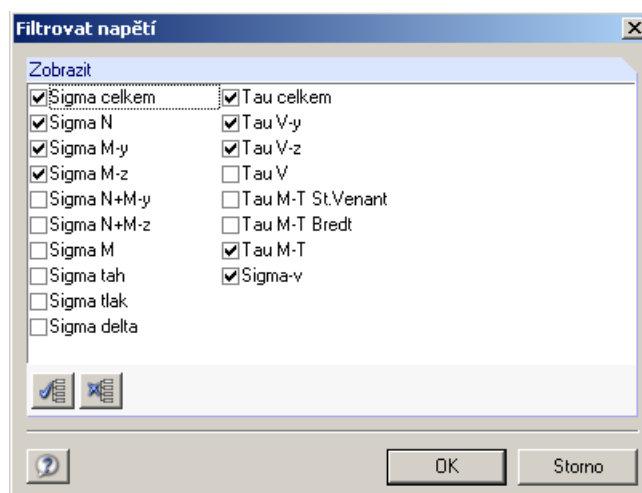


Pomocí tlačítka [Vybrat napětí pro zobrazení] může uživatel zobrazit v tabulce výsledků další složky napětí a zkontrolovat je.



Obr. 5.2: Tlačítko [Vybrat napětí pro zobrazení]



Objeví se následující dialog:



Obr. 5.3: Dialog *Filtrovat napětí*

V tomto dialogu lze vybrat požadované složky napětí. Napětí jsou vysvětlena v tab. 3.1 a tab. 3.2 na straně 19 a 20.

Tento dialog obsahuje dvě tlačítka, která usnadňují výběr:

Tlačítko	Název	Funkce
	Vybrat vše	Slouží k výběru všech složek napětí.
	Zrušit výběr všeho	Slouží ke zrušení výběru všech napětí.

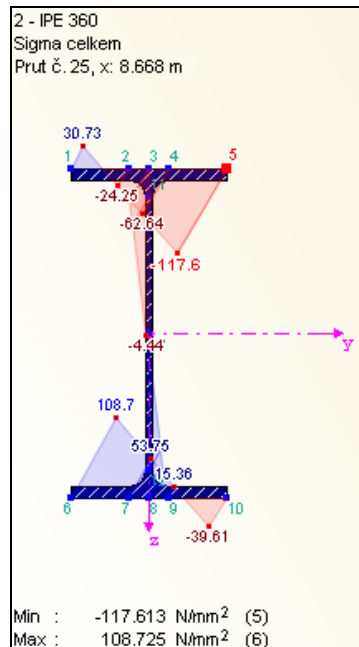
Tabulka 5.2: Tlačítka v dialogu *Filtrovat napětí*



Analýza se provádí pro každý jednotlivý napěťový bod, a proto při kombinovaném posouzení (např. σ_{celkem}) zpravidla nelze sčítat složky maximálních napětí: tato napětí se většinou nacházejí na různých napěťových bodech. Sčítat přitom lze pouze složky napětí v daném napěťovém bodě.

5.2 Výsledky na průřezu

Seznam napětí v tabulce je doplněn grafickým zobrazením napětí v pravé části dialogu. Toto grafické zobrazení je dynamické, protože znázorňuje průběh napětí v aktuálním místě x, popř. v aktuálním napěťovém bodě, který jsme vybrali myší v tabulce vlevo. Aktuální napěťový bod se v obrázku zvýrazní červeně.



Obr. 5.4: Průběh normálových napětí na průřezu



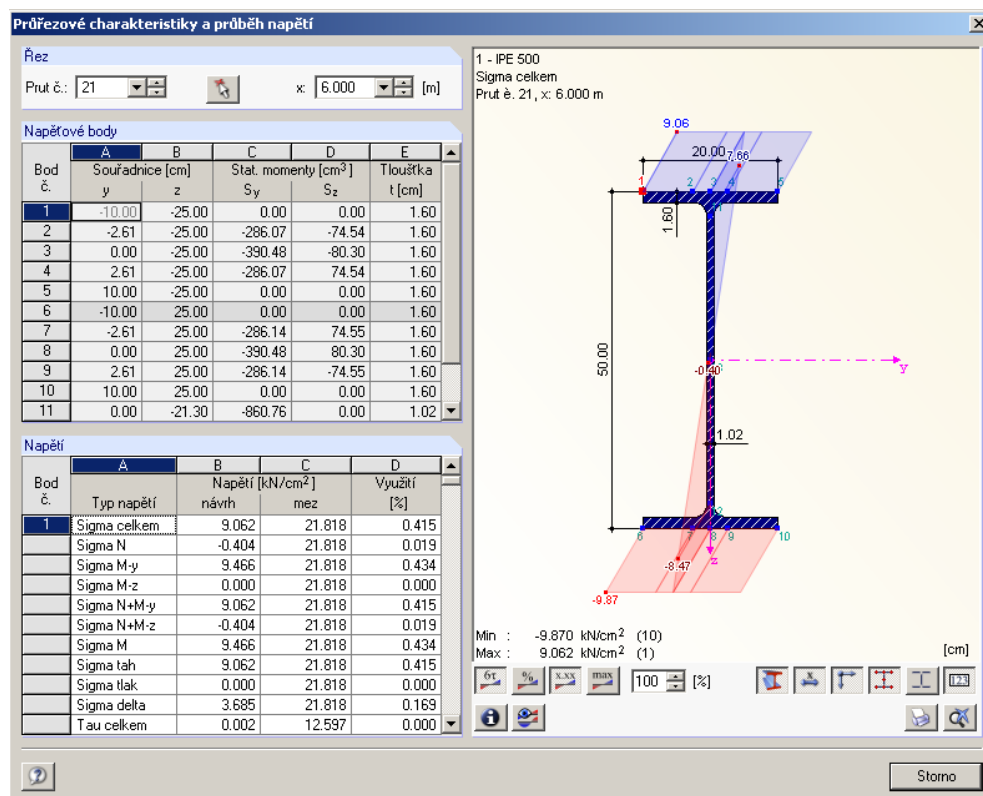
Zobrazení lze zmenšovat, resp. zvětšovat rolováním kolečka myši. Pomocí funkce Drag&Drop lze zobrazení napětí přesunout na jiné místo. Vlevo znázorněné tlačítko umožňuje znovu zobrazit celý obrázek.

Význam a funkce tlačítek, která se nacházejí pod obrázkem, jsou vysvětleny v tab. 5.1 na straně 36. Pomocí těchto tlačítek lze určit, zda se v obrázku zobrazí

- průběh napětí nebo využití napětí včetně hodnot
- obrys průřezu
- napěťové body i s číslováním.



Tlačítko [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí] slouží k cílenému vyhodnocení napětí pro každý napěťový bod. Tlačítkem otevřeme dialog *Průřezové charakteristiky a průběh napětí*.



Obr. 5.5: Dialog Průřezové charakteristiky a průběh napětí

V sekci *Řez* se zobrazí aktuální *Prut č.* a místo *x* na prutu. V seznamu můžeme ovšem vybrat i jiné pruty nebo jiná místa *x*.

V sekci *Napětové body* vidíme seznam všech napětových bodů průřezu. Ve sloupcích *Souradnice* se zobrazí vzdálenosti těžiště e_y , e_z , ve sloupcích *Statické momenty* příslušné plošné momenty 1. stupně S_y a S_z . V posledním sloupci je uvedena *Tloušťka t* dílce, která je důležitá pro výpočet smykového napětí.

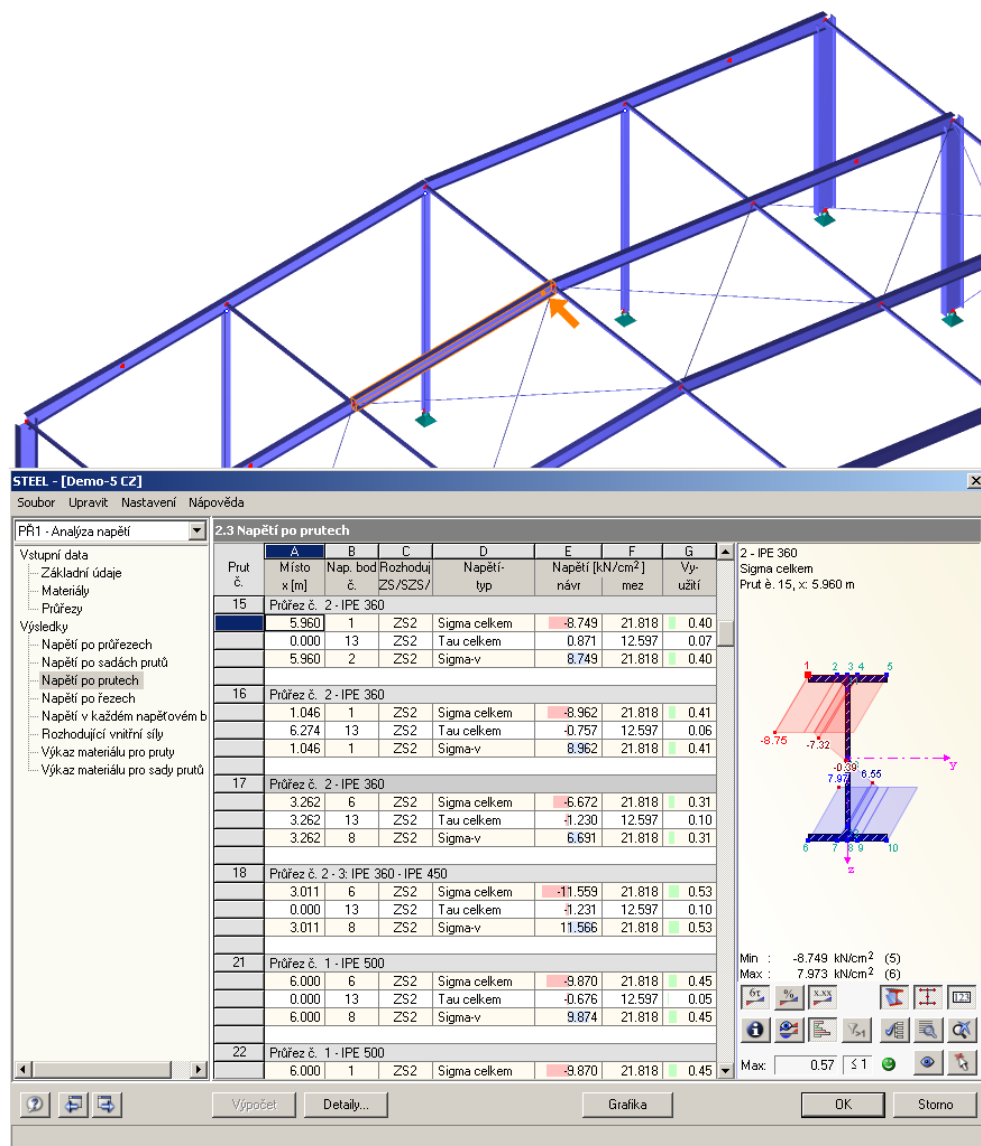
V sekci *Napětí* ve spodní části dialogu se zobrazí seznam jednotlivých složek napětí v aktuálním napětovém bodě (tzn. vybraném v sekci výše). I zde můžeme kliknutím myši vybrat určité složky napětí, které se pak dynamicky zobrazí v obrázku vpravo.



Tlačítka pod obrázkem jsou z větší části stejná jako tlačítka v tab. 5.1 na straně 36. Pokud na chvíli zastavíme kurzorem myši na některém tlačítku, zobrazí se nám krátká informace o jeho funkci. Velmi důležité je tlačítko [Tisk...], které umožňuje vytisknout aktuální zobrazení napětí na průřezu. Bližší informace najdete v kapitole 6.2.1 na straně 47.

5.3 Výsledky na modelu v RSTABu

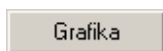
Pro vyhodnocení výsledků posouzení lze využít i pracovní okno RSTABu. Grafické zobrazení z RSTABu na pozadí je užitečné, pokud chceme zkontrolovat polohu určitého prutu v modelu: prut vybraný v tabulce výsledků ve STEELU se v grafice RSTABu na pozadí zvýrazní zvolenou barvou. Kromě toho se rozhodující místo x na prutu aktuálně vybrané v tabulce ve STEELU označí šipkou.



Obr. 5.6: Vyznačení prutu a aktuálního místa x v modelu v RSTABu



Pokud ani posunem okna STEELU nezískáme požadovaný náhled, lze pomocí tlačítka [Skok do grafiky pro změnu zobrazení] přepnout do takzvaného režimu prohlížení: okno STEELU se vypne a na ploše RSTABu lze nyní změnit zobrazení. V tomto režimu máme k dispozici pouze funkce z nabídky *Zobrazit*, např. zoom, posun nebo natočení náhledu.



Napětí a stupně využití lze také zobrazit přímo v modelu konstrukce. Pomocí tlačítka [Grafika] modul STEEL zavřeme. V pracovním okně RSTABu se pak výsledky posouzení zobrazí graficky.

Navigátor *Výsledky* je uzpůsoben výsledkům posouzení v modulu STEEL. Navigátor obsahuje jednotlivé složky napětí a využití příslušných složek napětí.

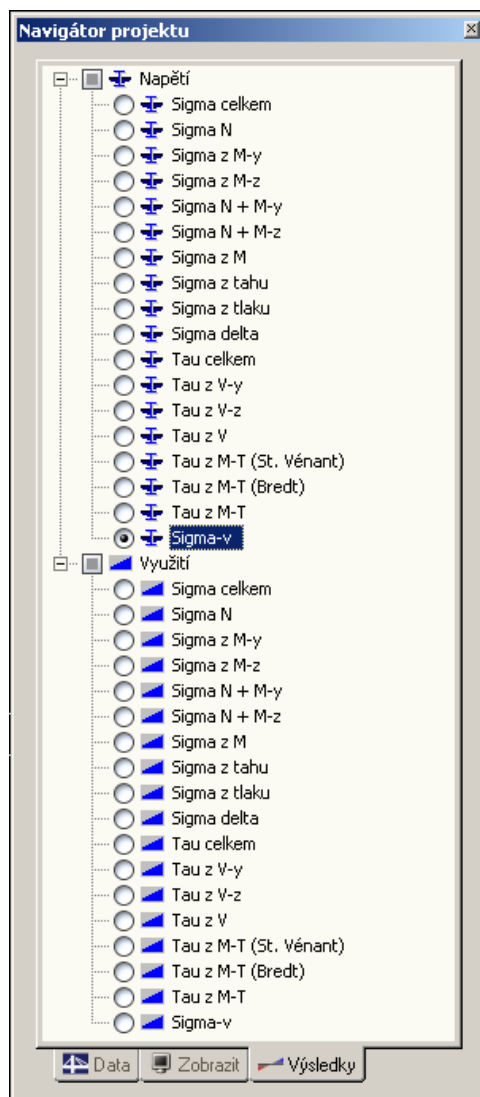


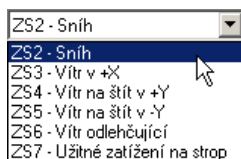
Bild 5.7: Navigátor *Výsledky*



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

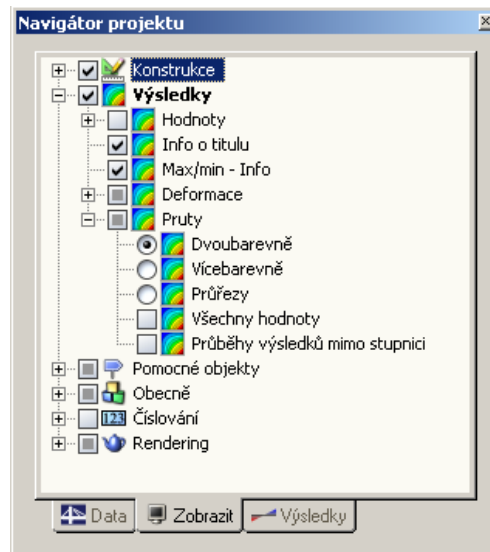


Vzhledem k tomu, že tabulky RSTABu nemají pro vyhodnocení výsledků modulu STEEL žádný význam, lze je případně deaktivovat pomocí vlevo znázorněného tlačítka.



Konkrétní návrhový případ lze jako obvykle vybrat ze seznamu případů v panelu nástrojů RSTABu.

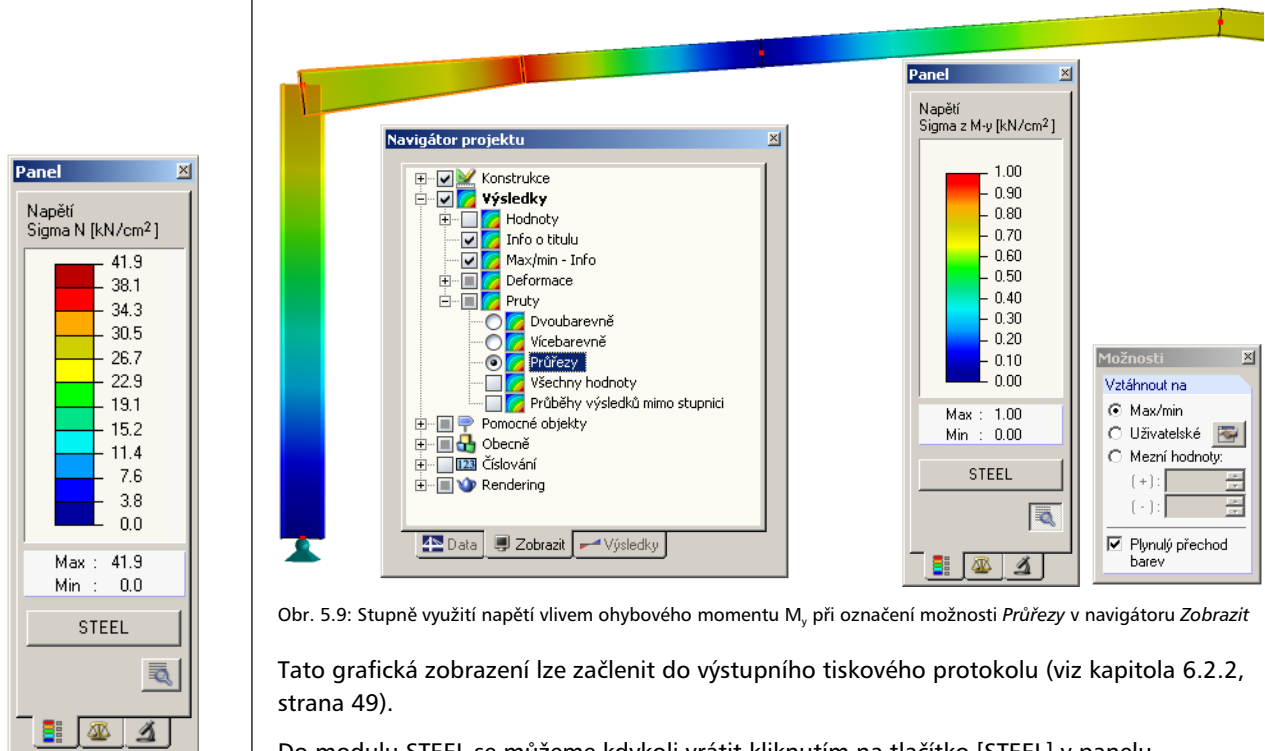
Zobrazení výsledků lze nastavit dále i z navigátoru *Zobrazit* v položce *Výsledky* → *Pruty*. Standardně se napětí a využití napětí zobrazí *dvoubarevně*.



Obr. 5.8: Navigátor Zobrazit: Výsledky → Pruty

Napětí se i v dvoubarevném zobrazení znázorní v závislosti na znaménku. Kladná napětí se zobrazí ve směru kladné osy prutu z modře, záporná napětí v opačném směru červeně. Průběh napětí na prutu tak může v případě nespojitostí např. vlivem osamělých břemen změnit znaménko a tím i barvu a stranu.

Pokud zvolíme vícebarevné zobrazení výsledků, budeme mít k dispozici panel s různými možnostmi nastavení barevného zobrazení. Funkce panelu jsou podrobně popsány v manuálu k programu RSTAB v kapitole 4.4.6 na straně 64. Stejně jako v případě vnitřních sil prutu lze v záložce *Faktory zobrazení* nastavit faktor převýšení pro grafické zobrazení výsledků posouzení. Pokud v poli *Průběhy - pruty* uvedeme faktor 0, znázorní se napětí a využití napětí automaticky zesílenou tloušťkou linií.

Obr. 5.9: Stupně využití napětí vlivem ohybového momentu M_y při označení možnosti *Průřezy* v navigátoru *Zobrazit*

Tato grafická zobrazení lze začlenit do výstupního tiskového protokolu (viz kapitola 6.2.2, strana 49).

Do modulu STEEL se můžeme kdykoli vrátit kliknutím na tlačítko [STEEL] v panelu.

5.4 Průběhy výsledků

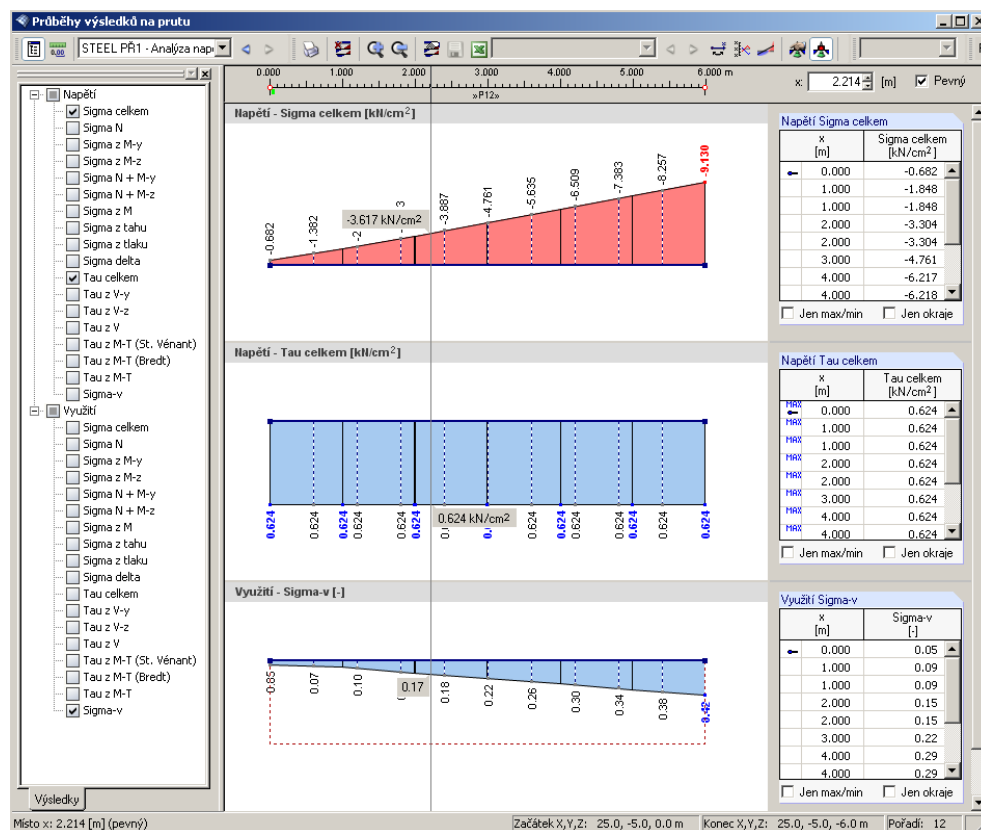
Pokud si uživatel chce prohlédnout průběh výsledků na určitém prutu, má k dispozici graf výsledků. Vybereme daný prut nebo sadu prutů ve výsledné tabulce STEELu a následně pomocí vlevo znázorněného tlačítka graf výsledků aktivujeme. Tlačítko se nachází pod zobrazením napětí.

V okně RSTABu 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 jsou znázorněny průběhy výsledků na vybraném prutu nebo sadě prutů.



Obr. 5.10: Dialog *Průběhy výsledků na prutu*

V navigátoru po levé straně lze označit napětí a využití, která se mají ve výsledném grafu zobrazit. V seznamu v panelu nástrojů můžeme vybrat konkrétní návrhový případ.

Podrobný popis dialogu *Průběhy výsledků na prutu* najdeme v manuálu k programu RSTAB v kapitole 9.8.4 na straně 207.

5.5 Filtrování výsledků

Kromě tabulek v modulu STEEL, které již svou strukturou umožňují výběr výsledků podle určitých kritérií, lze ke grafickému vyhodnocení výsledků STEELu použít filtrovací funkce, které jsou popsány v manuálu k programu RSTAB.



Zprvė lze využít již nadefinované výřezy (srov. manuál k RSTABu, kapitola 9.9.6, strana 215), které příhodně seskupují určité objekty.

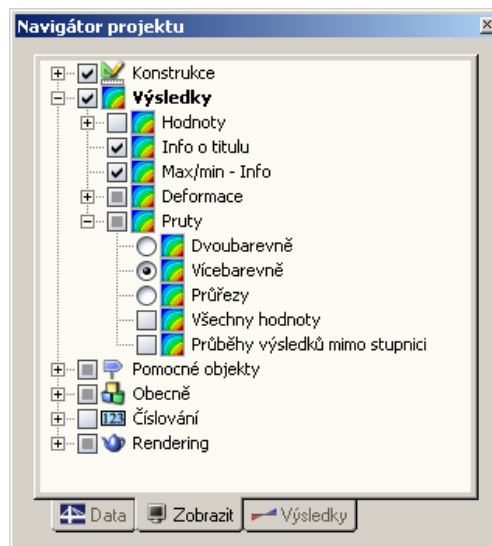
Zadruhé lze jako kritérium pro filtrování výsledků na pracovní ploše RSTABu stanovit napětí a využití napětí. K tomu je třeba zobrazit takzvaný řídicí panel. Pokud není aktivován, můžeme ho zapnout příkazem z hlavní nabídky

Zobrazit → Řídicí panel



nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů *Výsledky*.

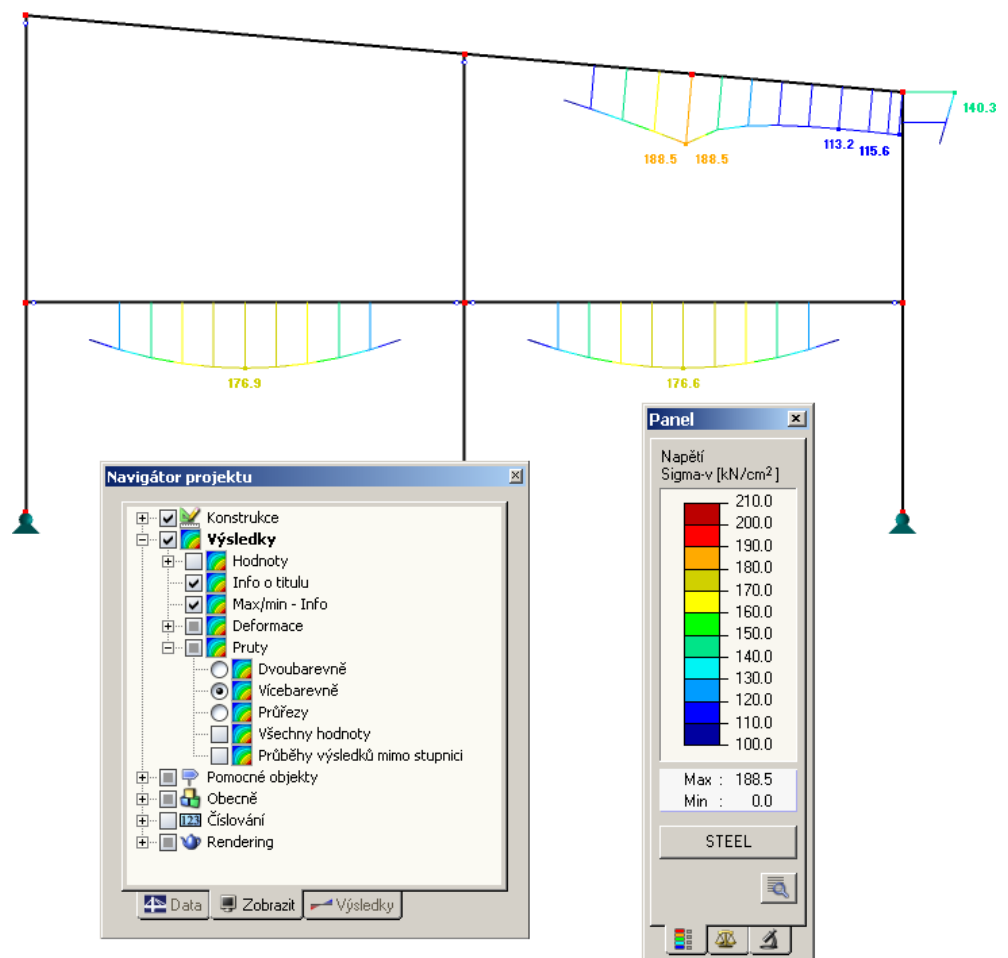
Tento panel je popsán v kapitole 4.4.6 manuálu k programu RSTAB na straně 65. Kritéria pro filtrování výsledků se nastavují v záložce *Stupnice barev*. Vzhledem k tomu, že tato záložka není k dispozici v případě dvoubarevného zobrazení napětí, je třeba v navigátoru *Zobrazit* přepnout na volbu *Vícebarevně* nebo na volbu *Průřezy*.



Obr. 5.11: Navigátor *Zobrazit*: *Výsledky* → *Pruty* → *Vícebarevně*

V případě vícebarevného zobrazení výsledků lze v panelu například nastavit jemně odstupňované znázornění pouze srovnávacích napětí větších než 100 N/mm². Stupnice barev je přitom nastavena tak, že jedna barevná oblast pokrývá vždy 10 N/mm² (viz obr. 5.12 na následující straně).

Nevyhovující průběhy napětí se zobrazí přerušovanou čarou, pokud v navigátoru *Zobrazit* zaškrtneme v položce *Výsledky* → *Pruty* volbu *Průběhy výsledků mimo stupnici*.



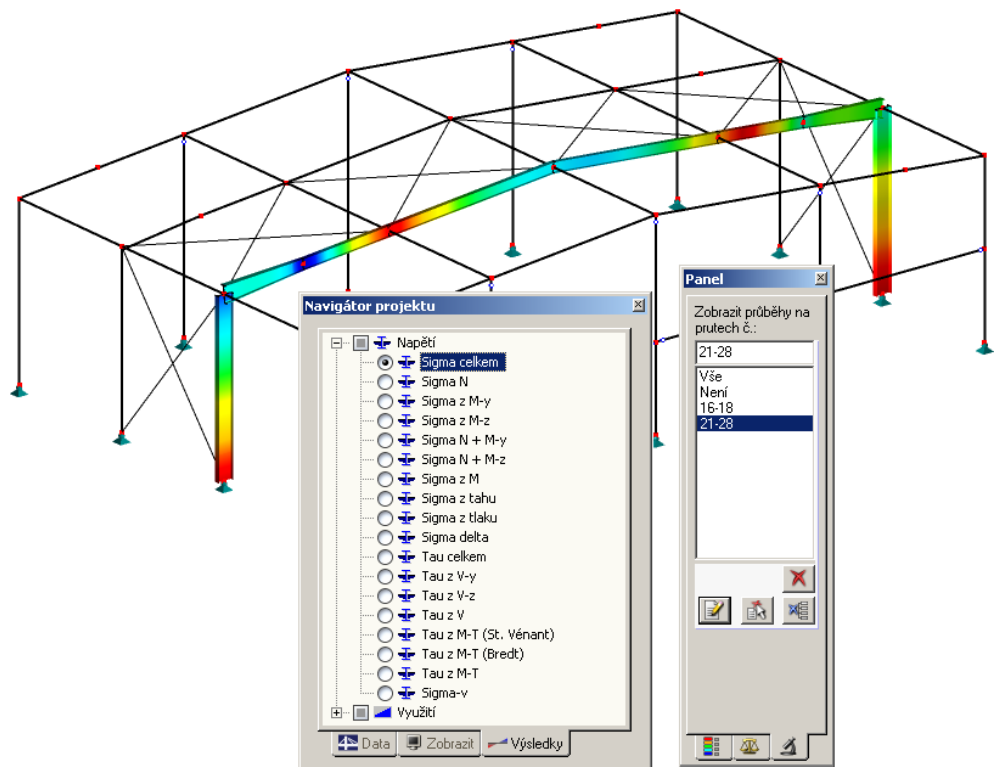
Obr. 5.12: Filtrování srovnávacích napětí s upravenou stupnicí barev

Filtrování prutů



V záložce *Filtry* řídicího panelu lze zadat čísla prutů, jejichž průběhy výsledků si přejeme zobrazit v grafickém okně. Tato funkce je popsána v manuálu k programu RSTAB v kapitole 4.4.6 na straně 68.

Na rozdíl od funkce výřezu se přitom zobrazí kompletní konstrukce jako drátěný nebo plný model. Na následujícím obrázku jsou znázorněna normálová napětí ve zvoleném vnitřním rámu. Ostatní pruty dané konstrukce se v modelu také zobrazí, ovšem bez napětí.



Obr. 5.13: Filtrování prutů: normálová napětí v rámu

6. Výstup

6.1 Výstupní protokol

Také pro výsledky posouzení v modulu STEEL se nejdříve vytvoří výstupní protokol, do něhož může uživatel vkládat grafická zobrazení nebo vlastní vysvětlivky. Ve výstupním protokolu lze také vybrat, které tabulky s výsledky se vytisknou.

Výstupní protokol je podrobně popsán v manuálu k programu RSTAB. Důležitá je především kapitola 10.1.3.4 *Výběr dat přidavných modulů* na straně 232, která pojednává o výběru vstupních a výstupních dat v přidavných modulech.

Pro každou úlohu lze vytvořit několik výstupních protokolů. Zvláště v případě rozsáhlých konstrukcí doporučujeme místo jednoho objemného protokolu vytvořit několik menších protokolů. Pokud vytvoříme samostatný protokol jen pro data návrhového případu ve STEELu, bude výstupní protokol relativně rychle zpracován.



Ve výstupním protokolu se objeví složky napětí, které jsme v příslušném návrhovém stavu nastavili pro zobrazení v tabulkách výsledků. Pokud tedy například chceme, aby výstupní protokol obsahoval napětí vlivem normálové síly, je třeba v modulu STEEL aktivovat napětí σ_N . Tato funkce je popsána v kapitole 5.1 *Výběr napětí* na straně 37.

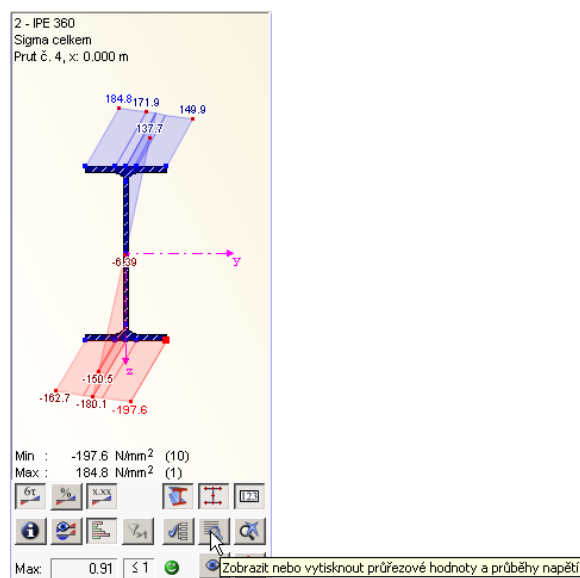
6.2 Tisk zobrazení ze STEELu

Stejně jako při grafickém vyhodnocení výsledků lze napětí a využití napětí jak na průřezu tak na modelu v RSTABu zpracovat pro tisk. Grafická zobrazení lze začlenit do výstupního protokolu nebo poslat přímo na tiskárnu. V kapitole 10.2 v manuálu k programu RSTAB je tisk grafických zobrazení podrobně popsán.

6.2.1 Výsledky na průřezu



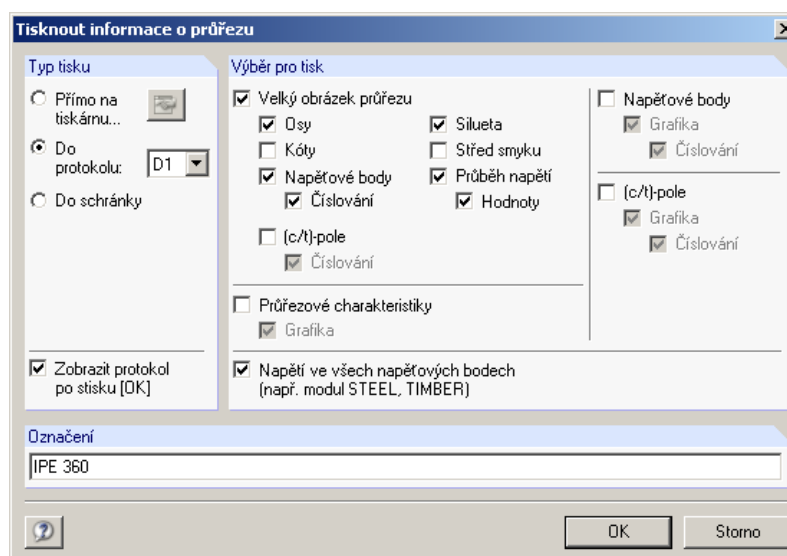
Funkce tisku je nepřímo přístupná z dialogu *Průřezové charakteristiky a průběh napětí* (viz obr. 5.5, strana 39). Tento dialog lze otevřít v tabulkách výsledků pomocí tlačítka [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí].



Obr. 6.1: Tlačítko *Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí* pod obrázkem v tabulkách výsledků



V dialogu *Průřezové charakteristiky a průběh napětí* nastavíme požadovaný prut, relevantní místo x a také typ napětí, jehož průběh si přejeme vytisknout. Pomocí tlačítka [Tisk] v dialogu vpravo dole pak otevřeme dialog pro tisk.



Obr. 6.2: Dialog *Tisknout informace o průřezu*

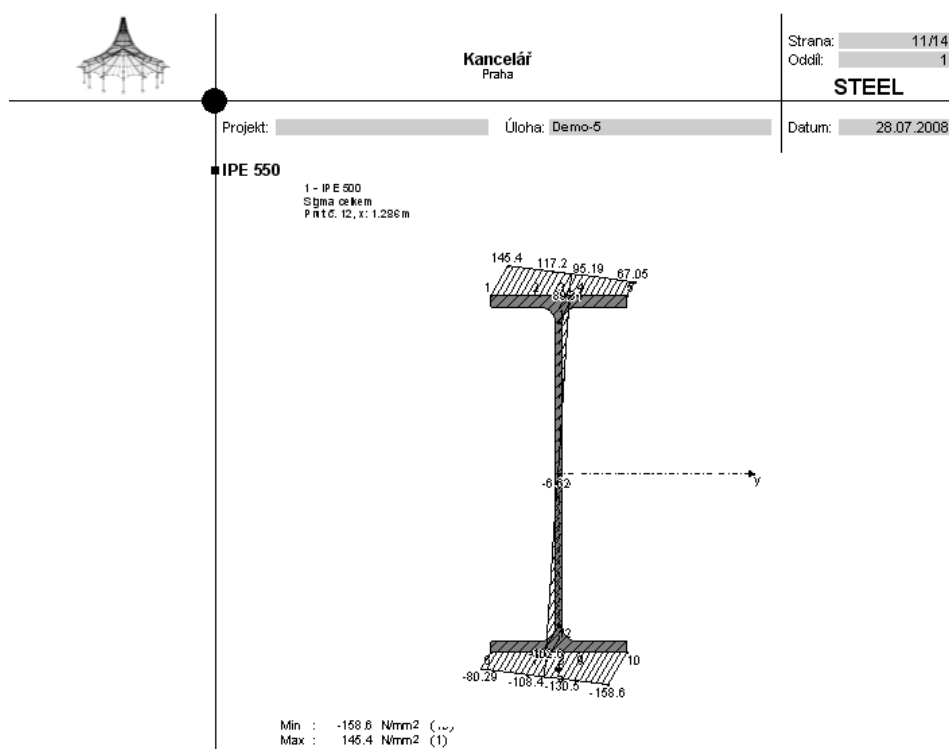
V sekci *Typ tisku* má uživatel na výběr následující možnosti:

- *Přímo na tiskárnu* – aktuální grafické zobrazení se odešle přímo k tisku.
- *Do protokolu* – grafické zobrazení se zařadí do výstupního protokolu.
- *Do schránky* – grafické zobrazení je k dispozici i v jiných aplikacích.

Pokud bylo již vytvořeno několik protokolů, pak v seznamu vedle výběrového pole *Do protokolu* vybereme příslušné označení požadovaného protokolu.

Sekce *Výběr pro tisk* slouží k nastavení prvků, které se objeví v tištěném obrázku a ve výstupní tabulce. Pokud si přejeme znázornit na obrázku objekty, které jsou uvedeny v oddílu *Velký obrázek průřezu*, zaškrtneme příslušné políčko. Jestliže označíme volbu *Průřezové charakteristiky*, hodnoty průřezu se vytisknou v tabulce, kterou bude možné doplnit *grafikou* na okraji. Stejně tak lze do výtisku zahrnout hodnoty *napětových bodů* a *(c/t) polí* nebo *napětí ve všech napětových bodech*.

Po ukončení dialogu kliknutím na tlačítko [OK] se obvykle otevře výstupní protokol. Pokud chceme do protokolu zařadit větší počet grafických zobrazení, pak by mělo být kontrolní políčko *Zobrazit protokol po stisku [OK]* deaktivováno.



Obr. 6.3: Znázornění napětí ve výstupním protokolu

6.2.2 Výsledky na modelu v RSTABu

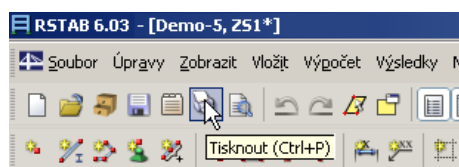
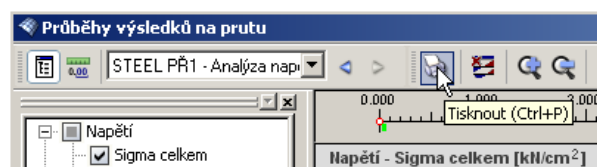


Každý obrázek, který se zobrazí v grafickém okně v hlavním programu RSTAB, lze začlenit do výstupního protokolu. Do protokolu lze převést i průběhy výsledků na prutech kliknutím na tlačítko [Tisk] v daném okně.

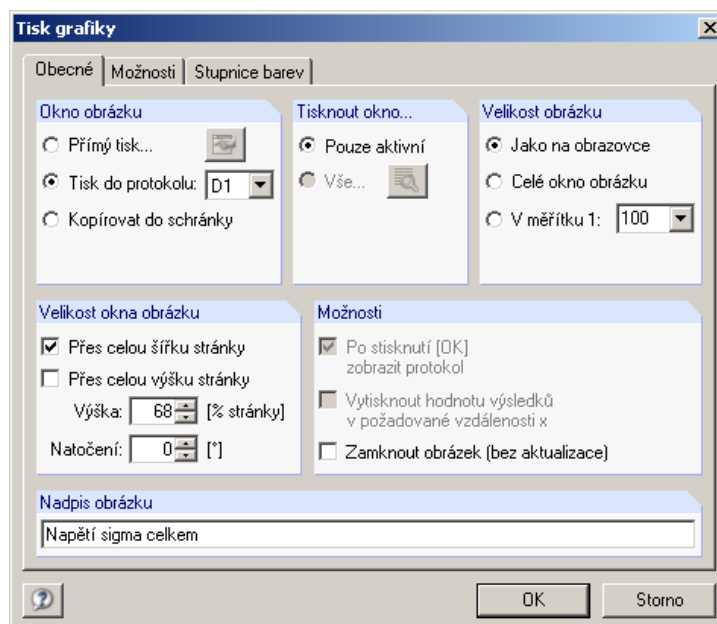
Aktuální grafické zobrazení v pracovním okně RSTABu lze vytisknout příkazem z hlavní nabídky

Soubor → Tisk...

nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů.

Obr. 6.4: Tlačítko *Tisknout* v panelu nástrojů v hlavním okněObr. 6.5: Tlačítko *Tisknout* v panelu nástrojů v okně s průběhy výsledků

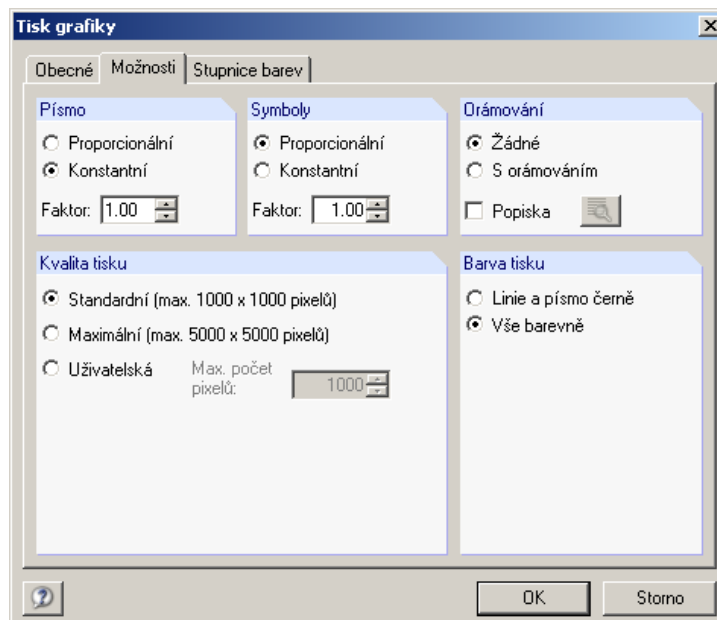
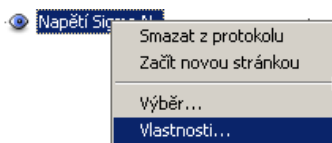
Otevře se následující dialog:



Obr. 6.6: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Obecné*

Tento dialog je podrobně popsán v kapitole 10.2 na straně 249 manuálu k programu RSTAB. Vysvětleny tu jsou i ostatní dvě záložky *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. 6.7: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Možnosti*

7. Obecné funkce

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

7.1 Návrhové případy ve STEELu

Uživatel má možnost seskupovat pruty do samostatných návrhových případů. Lze tak například samostatně posoudit určité stavební celky nebo prvky se specifickým zadáním (mezni napětí, dílčí součinitele spolehlivosti, optimalizace apod.).

Posuzovat prut nebo sadu prutů v různých návrhových případech přitom nepředstavuje žádný problém.

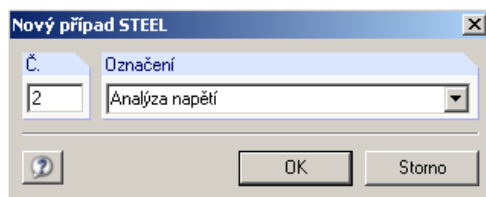
Návrhové případy založené v modulu STEEL jsou obsaženy v seznamu zatěžovacích stavů a jejich skupin v panelu nástrojů v pracovním okně RSTABu.

Vytvoření nového případu ve STEELu

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

Soubor → **Nový případ....**

Otevře se následující dialog:



Obr. 7.1: Dialog *Nový případ STEEL*

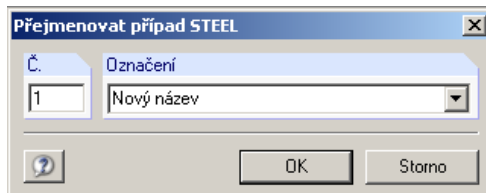
V tomto dialogu je třeba vyplnit (dosud nezadané) *číslo* a *označení* nového návrhového případu. Po ukončení dialogu kliknutím na tlačítko [OK] se zobrazí tabulka STEELu 1.1 *Základní údaje*, kde definujeme nové údaje pro posouzení.

Přejmenování případu ve STEELu

Označení návrhového případu lze změnit příkazem z hlavní nabídky modulu STEEL

Soubor → **Přejmenovat případ....**

Otevře se dialog *Přejmenovat případ STEEL*.



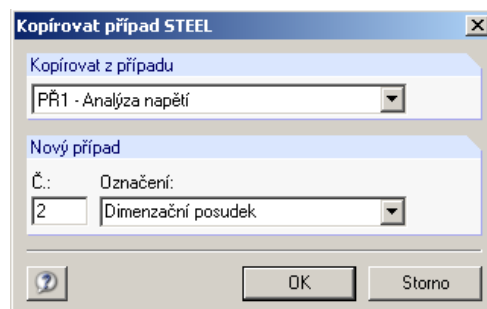
Obr. 7.2: Dialog *Přejmenovat případ STEEL*

Kopírování případu ve STEELu

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

Soubor → **Kopírovat případ....**

Otevře se dialog *Kopírovat případ STEEL*, v kterém je třeba uvést číslo a označení nového případu, do něhož se vybraný případ zkopíruje.



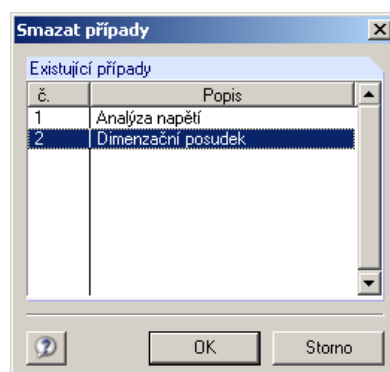
Obr. 7.3: Dialog *Kopírovat případ STEEL*

Smazání případu ve STEELu

Uživatel má možnost návrhové případy smazat příkazem z hlavní nabídky v modulu STEEL

Soubor → **Smazat případ....**

V dialogu *Smazat případy* pak ze seznamu *Existující případy* vybereme určitý případ, který se po kliknutí na tlačítko [OK] smaže.



Obr. 7.4: Dialog *Smazat případy*

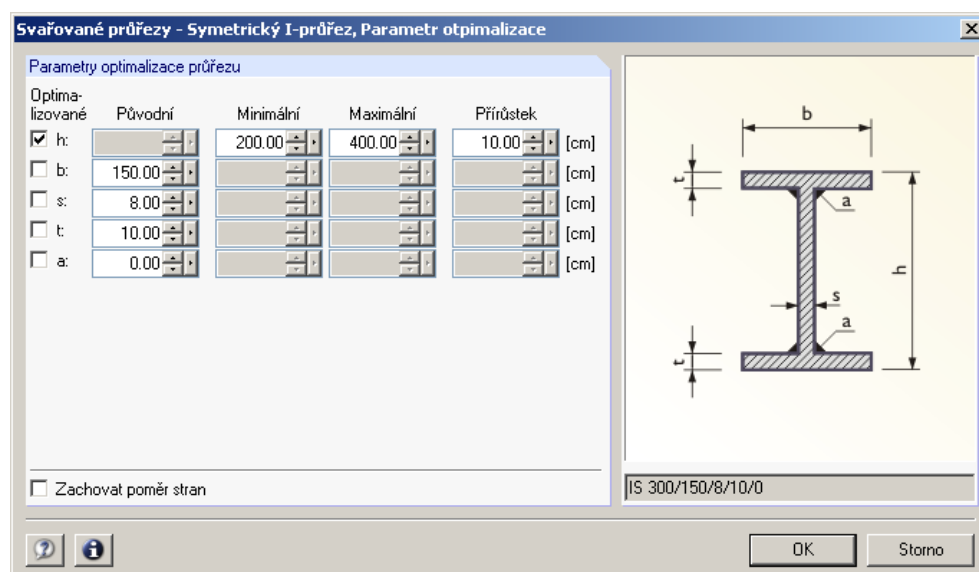
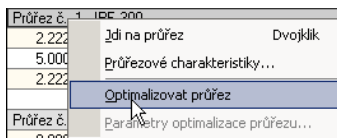
7.2 Optimalizace průřezu

Modul STEEL nabízí možnost optimalizovat průřezy. Průřez, který chceme optimalizovat, označíme ve sloupci D v tabulce 1.3 *Průřezy* zaškrtnutím políčka (srov. obr. 2.5, strana 15).

Optimalizovat průřez lze také příkazem z místní nabídky v tabulkách výsledků.

V průběhu optimalizace STEEL prověří, který průřez ze zadané řady průřezů „optimálně“ vyhovuje posouzení, tzn. nejvíce se blíží maximálnímu využití napětí 1,00. Na základě vnitřních sil z RSTABu se spočítá nutný moment setrvačnosti plochy a použije se průřez v dané řadě průřezů, který splňuje posouzení s nejvyšším možným využitím. V tabulce 1.3 vpravo se pak zobrazí dva průřezy – původní průřez z RSTABu a optimalizovaný průřez.

V případě parametrizovaných průřezů z databáze průřezů se po zaškrtnutí políčka pro optimalizaci průřezu zobrazí dialog, v kterém lze zadat podrobné údaje.



Obr. 7.5: Dialog *Svařované průřezy – Symetrický I-průřez, Parametr optimalizace*

Ve sloupci *Optimalizované* nejdříve označíme, které parametry chceme upravit. Zpřístupní se tak sloupce *Minimální* a *Maximální*, v nichž se uvádí horní a spodní hranice parametru pro optimalizaci. Ve sloupci *Přírůstek* je uvedeno, v jakém intervalu se budou měnit rozměry parametru během optimalizačního procesu.

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

V případě průřezů složených z válcovaných profilů není možné optimalizaci provést.

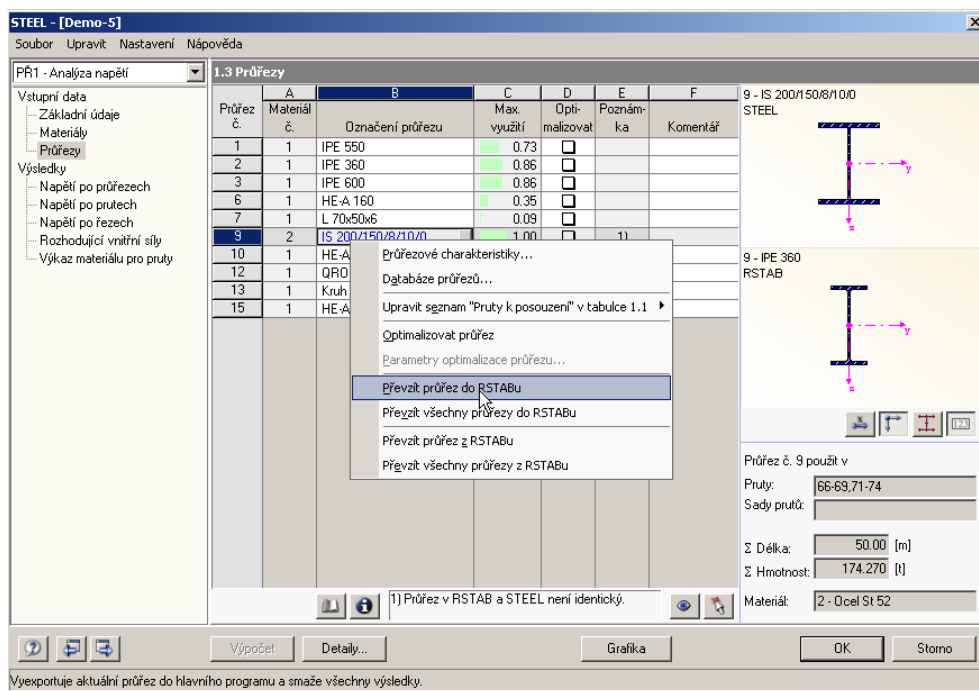
Při optimalizaci je třeba mít na paměti, že vnitřní síly se automaticky nespočítají znovu na základě upravených průřezů. Záleží na rozhodnutí uživatele, kdy a jaké profily bude chtít převzít do RSTABu a provést nový výpočet. V důsledku změny tuhosti v konstrukci se mohou vnitřní síly spočítané na základě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

Upravené průřezy není třeba převádět do programu RSTAB ručně. Otevřeme tabulku 1.3 *Průřezy* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

Upravit → Převzít všechny průřezy do RSTABu.

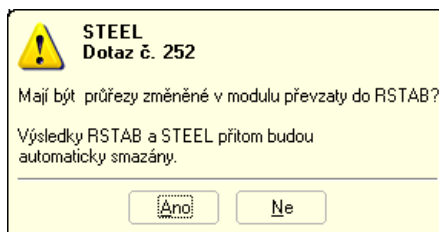
Možnost exportovat upravené průřezy do RSTABu nabízí i místní nabídka v tabulce 1.3.





Obr. 7.6: Místní nabídka v tabulce 1.3 Průřezy

Před převzetím průřezů do RSTABu program zobrazí kontrolní dotaz, protože tento krok je spojen se smazáním výsledků. Pokud pak ve STEELu spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RSTAB a napětí pro STEEL v jednom výpočetním cyklu.



Obr. 7.7: Kontrolní dotaz před převzetím upravených průřezů do RSTABu

Podobně lze pomocí příslušných funkcí v hlavní nabídce znovu načíst původní průřezy z RSTABu do STEELu. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v tabulce 1.3 Průřezy.



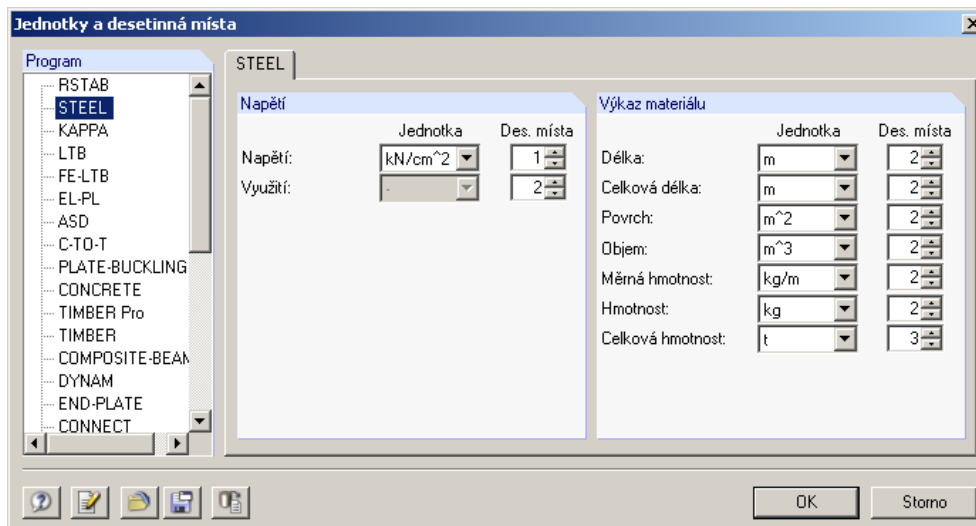
Pokud chceme optimalizovat prut s náběhy, optimalizují se místa na počátku a konci prutu. Následně se provede lineární interpolace momentů setrvačnosti plochy v bodech mezi počátkem a koncem prutu. Vzhledem k jejich čtvrté mocnině bude analýza napětí v případě velkých rozdílů ve výšce počátečního a koncového 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 RSTAB i všechny jeho přídatné moduly nastavují centrálně. Ve STEELu otevřeme dialog pro nastavení jednotek příkazem z hlavní nabídky

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

Otevře se dialog již dobře známý z RSTABu. V něm je přednastaven modul STEEL.



Obr. 7.8: Dialog *Jednotky a desetinná místa*



Nastavení lze uložit jako uživatelský profil a použít i v jiných úlohách. Popis této funkce najdeme v kapitole 11.6.2 v manuálu k programu RSTAB na straně 334.

7.4 Export výsledků

Výsledky analýzy napětí lze různým způsobem převést i do jiných programů.

Schránka

Označené řádky v tabulce výsledků ve STEELu 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 ze STEELu lze vytisknout do výstupního protokolu (srov. kapitola 6.1, strana 47) a odtud pak exportovat příkazem z hlavní nabídky

Soubor → **Export do souboru RTF resp. BAUTEXT....**

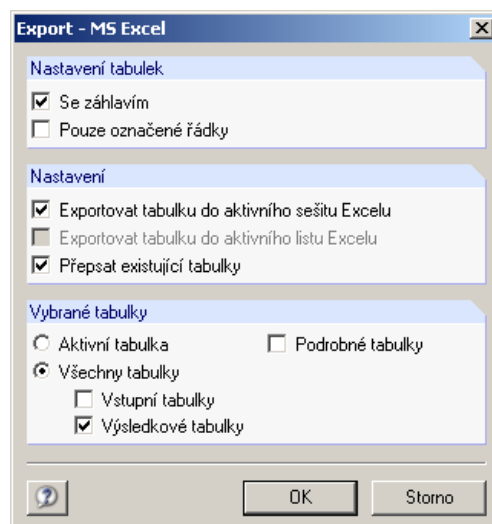
Tato funkce je popsána v kapitole 10.1.11 na straně 239 v manuálu k programu RSTAB.

Excel

STEEL umožňuje přímý export dat do MS Excelu. Tuto funkci vyvoláme z hlavní nabídky

Soubor → **Export do MS Excel....**

Otevře se následující dialog pro export dat:



Obr. 7.9: Dialog *Export - MS Excel*

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

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Průřez	Prut	Místo	Napětový	Zatež.	Typ	Napětí [MPa]		
2	č.	č.	x [m]	bod č.	stav	napětí	návř.	mez	Vy- užití
3	1	IPE 550							
4		12	1,286	10	ZS1	Sigma celkem	-158,6	218,2	0,73
5		40	0,000	13	ZS1	Tau celkem	26,0	126,0	0,21
6		12	1,286	10	ZS1	Sigma-v	158,6	218,2	0,73
7									
8	2	IPE 360							
9		45	3,262	6	ZS1	Sigma celkem	-188,5	218,2	0,86
10		17	3,262	13	ZS1	Tau celkem	-21,6	126,0	0,17
11		45	3,262	8	ZS1	Sigma-v	188,5	218,2	0,86
12									
13	6	HE-A 160							
14		53	3,000	6	ZS1	Sigma celkem	-76,2	218,2	0,35
15		51	0,000	13	ZS1	Tau celkem	6,8	126,0	0,05
16		53	3,000	6	ZS1	Sigma-v	76,2	218,2	0,35
17									
18	7	L 70x50x6							
19		122	0,000	1	ZS1	Sigma celkem	19,5	218,2	0,09
20		121	0,000	1	ZS1	Tau celkem	0,0	126,0	0,00
21		122	0,000	1	ZS1	Sigma-v	19,5	218,2	0,09

Obr. 7.10: Výsledky v Excelu

A Literatura

- [1] DIN 18 800 Teil 1: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, 1990
- [2] Erläuterungen zu DIN 18 800 Teil 1 bis 4, Beuth-Kommentar, Beuth Verlag, 2. Auflage 1994
- [3] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg und Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 3. Auflage 1993
- [4] SCHNEIDER Bautabellen, Werner Verlag, 17. Auflage 2006
- [5] STAHLBAU Handbuch, Band 1, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Köln 1993

B Index

C	
c/t pole	55
Celkem	39
D	
Databáze materiálů	14
Databáze průřezů	18
Délka	39
Deplanace	32
Desetinná místa	11, 62
Detaily výpočtu	24
Dřevo	15
E	
Excel	63
Excentricita příčného zatížení	27
Export průřezů	60
Export výsledků	62
F	
Faktor převýšení	48
Filtrování prutů	52
Filtry	43, 51
G	
Graf výsledků	49
Grafické zobrazení napětí	43
Grafické zobrazení průřezu	19
Grafika	46
Grafika na pozadí	46
Grafika z RSTABu	55
H	
Hliník	12
Hmotnost	39
Hodnoty materiálu	11
I	
Instalace	7
J	
Jednotky	11, 62
K	
Kombinace zatěžovacích stavů	11, 26, 37
Komentář	11
Kroucení	23, 27
L	
Listování v tabulkách	9
M	
Materiál	15
Materiály	11
Měrná hmotnost	39
Mez kluzu f_{yk}	13, 15
mezni τ	13, 32
mezni σ_v	13, 32
mezni σ_x	13, 32
Mezní napětí	11, 12, 13, 15, 25, 32
Místo x	30, 35
N	
Náběh	18, 30, 60
Napětí	21, 22, 30, 32, 34
Napětí v průřezu	54
Napětí vícebarevně	51
Napěťový bod	19, 31, 36, 43, 44, 55
Navigátor	9
Navigátor <i>Výsledky</i>	46
Navigátor <i>Zobrazit</i>	48, 51
Návrhový případ	27, 47, 57, 58
Norma posouzení	10
Normálová napětí	21
O	
Objem	39
Optimalizace	59
Optimalizace průřezu	59
Optimalizovat	19
Označení materiálu	12
Označení průřezu	17
P	
Panel	8, 48, 51
Parametrizované průřezy	59
Plocha	39
Položka	38
Posouzení	10
Posouzení napětí	24, 32
Poznámka	19
Pracovní okno RSTABu	46

Případ ve STEELu.....	57	Tisk zobrazení.....	53
Profil zadáný uživatelem.....	31	Tlačítka.....	41
Průběh napětí.....	54	Tloušťka dílce.....	15, 45
Průběhy na prutu.....	48	Tloušťka materiálu.....	32
Průběhy výsledků.....	49, 55	Tloušťka stavebního dílce.....	13
Průběhy výsledků mimo stupnici.....	51	Torzní deplance.....	23
Průřezové hodnoty.....	54	Typ napětí.....	32
Průřezy.....	17	U	
Pruty.....	10	Ukončení modulu STEEL.....	9
R		Ušlechtilá ocel.....	12
Renderování napětí.....	51	Uživatelský profil.....	62
Režim prohlížení.....	46	V	
Řídicí panel.....	51	Vnitřní síly.....	60
Rozhodující vnitřní síly.....	37	Výběr napětí.....	42
Ruční zadání mezních napětí.....	13	Výběr pro tisk.....	55
S		Vyhodnocení výsledků.....	41
Sada prutů.....	10, 33, 40	Výkaz materiálu.....	38, 40
Složky napětí.....	42, 46, 53	Výpočet.....	21
Smyková napětí.....	22	Výřez.....	51
Součinitel spolehlivosti γ_M	13	Výsledky.....	47
Součinitel tvaru.....	26	Výsledné hodnoty.....	47
Souřadnice napětového bodu.....	45	Výstupní protokol.....	53
Spuštění programu.....	7	Využití.....	19, 24, 32
Spuštění STEELu.....	7	Z	
Spuštění výpočtu.....	28	Základní údaje.....	10
Srovnávací napětí.....	23, 26, 27, 37	Zatěžovací stav.....	11, 32
Statický moment.....	32, 45	Znaménka.....	22
Stupnice barev.....	51	Znaménko.....	48
T		Zobrazení.....	46
Tabulky.....	9	Zplastizování.....	25
Tabulky výsledků.....	25, 29	Způsob výpočtu.....	26
Tisk.....	54, 55		