

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Petr Nevšímal

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Statický přepočet ocelové mobilní haly

Petr Nevšimal

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr Nevšimal
Osobní číslo: D12281
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Dopravní stavitelství
Název tématu: Statický přepoččet ocelové mobilní haly
Zadávající katedra: Katedra dopravního stavitelství

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Proveďte zjednodušený statický přepoččet ocelové mobilní haly MON 3 s využitím systému SCIA Engineer. Optimalizujte navržené profily. Součástí statického výpočtu bude stanovení únosnosti spojů.

- Statický výpočet všech nosných částí haly
- Posouzení a optimalizace jednotlivých prutů

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

ČSN EN 1990
ČSN EN 1991-1-1
ČSN EN 1991-1-3
ČSN EN 1991-1-4
ČSN EN 1993
Výrobní dokumentace haly
Fotodokumentace

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.**
Katedra dopravního stavitelství

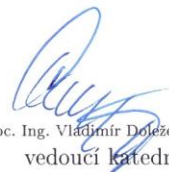
Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. ledna 2016**



doc. Ing. Ivo Drahošský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Vladimír Doležel, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má práva na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 28. 4. 2017

Petr Nevšímal

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Bohumilu Culkovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a čas věnovaný vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a umožnění studia na vysoké škole. Na závěr bych chtěl poděkovat skupině BIZ holding s.r.o. za pracovní a životní zkušenost.

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na posouzení a optimalizaci prvků jednodílné ocelové mobilní haly o rozpětí 15 m, délce 30 m a výšce 6,5 m. Statický přepočít je proveden pomocí SCIA Engineer 15.2. Hlavním konstrukčním materiálem je ocel S 355 a S235. Konstrukce haly je posuzována podle 3. sněhové oblasti a 4. větrné oblasti. Dále jsou posuzovány a optimalizovány spoje hlavních nosných prvků. Přílohy obsahují několik modelů ze SCIA Engineer 15.2, výrobní dokumentaci haly, fotodokumentaci, statický posudek prvků, statický posudek optimalizovaných prvků, přílohy pro posouzení spojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

SCIA Engineer 15.2, statický výpočet, ocelová mobilní hala, rám, ocel, zatížení sněhem, zatížení větrem, jednotkový posudek, optimalizace prvků, šroubový spoj, posudek spoje, optimalizace spoje

TITLE

Static recalculation of steel mobile hall

ANNOTATION

The bachelor thesis focuses on the assessment and optimization of the elements of a single-walled steel mobile hall with a span of 15 m, length 30 m and height of 6,5 m. Static recalculation is performed by SCIA Engineer 15.2. The main structural material is steel S 355 and S235. The construction of the hall is assessed according to the 3rd snow area and 4th wind area. Attachments include several models from SCIA Engineer 15.2, production documentation of the hall, photodocumentation, static elements review, static review of optimized elements, attachments for joint assessment.

KEYWORDS

SCIA Engineer 15.2, static calculation, steel mobile hall, frame, steel, snow load, wind load, unitary review, element optimization, bolt joint, joint review, joint optimization

OBSAH

Úvod.....	10
1. Základní údaje	12
2. Statický výpočet	16
2.1. Stručný popis modelu.....	16
2.2. Geometrické schéma	16
2.3. Zatížení.....	20
2.3.1. Popis zatěžovacích stavů	20
2.3.1.1. Stálé zatížení.....	20
2.3.1.2. Zatížení nahodilá, krátkodobá	21
Zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-3	21
Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4.....	24
2.3.1.3. Kombinace zatížení dle ČSN EN 1990.....	26
2.4. Posouzení jednotlivých částí halové konstrukce	31
2.4.1. Posudek sloupů.....	31
2.4.1.1. Identifikace průřezu	31
2.4.1.2. Posouzení na tlak/tah v kritickém místě	33
2.4.1.3. Posouzení na momentovou únosnost v kritickém místě.....	34
2.4.1.4. Posouzení na smyk v kritickém místě.....	35
2.4.1.5. Posouzení na kroucení v kritickém místě	36
2.4.1.6. Posudek na kombinaci ohybu, osově síly a smykové síly v kritickém místě ...	37
2.4.1.7. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	38
2.4.1.8. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2	39
2.4.2. Posudek příčlí	41
2.4.2.1 Identifikace průřezu	41
2.4.2.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě	43
2.4.2.3. Posudek na momentovou únosnost v kritickém místě.....	44
2.4.2.4. Posudek na smyk v kritickém místě	45
2.4.2.5. Posouzení na kroucení v kritickém místě	46
2.4.2.6. Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly v kritickém místě	47
2.4.2.7. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	48
2.4.2.8. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2.....	49
2.4.3. Posudek podélných ztužidel	51

2.4.3.1. Identifikace průřezu	51
2.4.3.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě	52
2.4.3.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	53
2.4.3.4. Tabulkový výstup jednotkového posudku vybraných prvků dle SCIA Eng.	54
2.4.4. Posudek táhel.....	55
2.4.4.1. Identifikace průřezu	55
2.4.4.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě	56
2.4.4.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	57
2.4.4.4. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2.....	58
2.4.5. Posudek čelních sloupků	59
2.4.5.1. Identifikace průřezu	59
2.4.5.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě	60
2.4.5.3. Posudek na momentovou únosnost v kritickém místě.....	61
2.4.5.4. Posudek na smyk v kritickém místě	61
2.4.5.5. Posudek na kroucení v kritickém místě	62
2.4.5.6. Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly v kritickém místě.....	63
2.4.5.7. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	64
2.4.5.8. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2.....	65
2.4.6. Posudek okapové hrany, hřebenu	67
2.4.6.1. Identifikace průřezu	67
2.4.6.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě	68
2.4.6.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě.....	69
2.4.6.4. Tabulkový výstup vybraných jednotkových posudků dle SCIA Eng.....	70
2.5. Posouzení spojů dle ČSN EN 1993-1-8	71
2.5.1. Spoj sloup - příčle.....	71
2.5.2. Spoj příčle – příčle.....	76
3. Hodnocení.....	81
Závěr	83
Literatura/Zdroje	84
Přílohy.....	85
Posudek sloupů (vzor posudku)	
Posudek příčlí (vzor posudku)	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

z_e	referenční výška
c_{dir}	součinitel směru
c_{season}	součinitel ročního období
c_o	součinitel orografie
$v_{b,0}$	základní rychlost větru
ρ_0	hustota vzduchu
c_{prob}	součinitele pravděpodobnosti
k	součinitel tvaru
n	exponent
c_r	součinitel drsnosti
k_p	součinitel terénu
z_0	parametr terénu
z_{min}	parametr terénu
k_l	součinitel turbulence
c_e	součinitel prostředí
c_t	tepelný součinitel
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
ψ_0, ψ_1, ψ_2	součinitel pro kombinační hodnotu zatížení
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti v tahu
f_{ub}	mez pevnosti pro šrouby
ε	poměr
$\gamma_{M0(M1,M2)}$	dílčí součinitel spolehlivosti
h	výška průřezu profilu
t	tloušťka pásnice
b	šířka pásnice
s	tloušťka stojiny
d	kruhový průměr
w	tloušťka stěny
A	plocha průřezu

A_V	smyková plocha
A_S	rovina stříhu
$I_{y,z}$	moment setrvačnosti k dané ose
$i_{y,z}$	poloměr setrvačnosti k dané ose
$W_{el,y}(el,z)$	modul pružnosti průřezu k dané ose
$W_{pl,y}(pl,z)$	plastický modul průřezu k dané ose
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v tahu, tlaku
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
V_{Ed}	návrhová hodnota smykové síly
$V_{c,Rd}$	návrhová únosnost ve smyku
T_{Ed}	návrhová hodnota krouticího momentu
T_{Rd}	návrhová únosnost průřezu v kroucení
$T_{t,Ed}$	moment prostého kroucení
$T_{w,Ed}$	moment vázaného kroucení
$M_{N,y,Rd}(N,z,Rd)$	návrhový plastický moment únosnosti k dané ose
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu
χ	součinitel vzpěrnosti
ϕ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
α_l	součinitel imperfekce
$\bar{\lambda}$	poměrná štíhlost
L_{cr}	kritická vzpěrná délka
$F_{v,Ed}$	návrhová hodnota pro posouzení spoje ve stříhu a otláčení
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro posouzení spoje ve stříhu
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost pro posouzení spoje v otláčení
$F_{t,Ed}$	návrhová hodnota pro posouzení spoje v tahu
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost pro posouzení spoje v tahu

Úvod

Bakalářská práce je věnována statickému přepočtu mobilní ocelové haly. Posuzovaná hala je výsledným produktem firmy Haly.biz z Hradce Králové, se kterou jsem spolupracoval na přípravě výrobní dokumentace sledované haly. Tato firma se soustředí na komplexní splnění požadavků náročných i nenáročných stavebních projektů. Vyrábí a realizuje montované haly všech typů - obloukové haly, sedlové haly, pultové haly, architektonicky atypické haly, montované haly s různými typy opláštění a podobně. Tyto montované haly jsou běžně využívány nejen jako skladovací a výrobní haly, ale i jako sportovní haly, hangáry a jízdrny. Montované haly slouží také pro průmysl, zemědělství, přístřešky či atypická zastřešení.

Mezi základní typy hal patří mobilní haly – lehké, montované ocelové haly opláštěné hi-tech textilní membránou s dobrými statickými parametry.

Dalším typem jsou ocelové haly - montované haly opláštěné trapézovými plechy, izolačními PUR panely případně dalšími systémy dle technických možností.

Třetím typem jsou kombinované haly - kombinují hlavních výhody mobilních hal a ocelových hal. Lehká ocelová konstrukce je opláštěna střešní hi-tech membránou, zatímco stěny jsou pokryty pevným ocelovým materiálem. U všech uvedených typů je výhodou velká variabilita parametrů.

V této práci je sledována skupina lehkých ocelových montovaných hal realizovaných se sedlovou střechou a plnostěnnou konstrukcí. Opláštění je prováděno oboustranně PVC nánosovanou polyesterovou membránou označovanou jako hi-tech membrána, která je efektivním systémem zastřešení při rozmanitých klimatických podmínkách.

Výpočty byly prováděny pro halu se sedlovou střechou a plnostěnnou konstrukcí – označovaný jako typ B.

Mobilní ocelové haly typu B jsou konstrukčně jednoduché ocelové konstrukce, kde hlavní nosný systém tvoří rám z válcovaných profilů IPE. Rám svým uzpůsobením tvoří sedlovou střechu. Spoje všech prvků konstrukce zajišťují šrouby kategorie A (dle EC3).

Rozměry hal se navrhuje na základě požadavků objednatele, šířky se standardně navrhuje od 5 m do 60 m, délka konstrukcí není nijak omezena. Tento konstrukční systém umožňuje úpravy parametrů jako je šířka a délka haly, výška bočních stěn, tvaru střechy, zateplení, provedení vnitřních instalací, spojování a vytváření vícelodních objektů. Vstupy a otvory mohou být

umístěny kdekoliv ve štítových a bočních stěnách, mohou tvořit celou šířku čela, opláštění stěn může být odnímatelné. Mobilní haly tohoto typu slouží převážně v logistice a ke skladovacím účelům.

Povrch konstrukce je povrchově upraven zinkováním nebo ochranným nátěrem. Životnost ocelové konstrukce je minimálně 40 let, opláštění 20 let

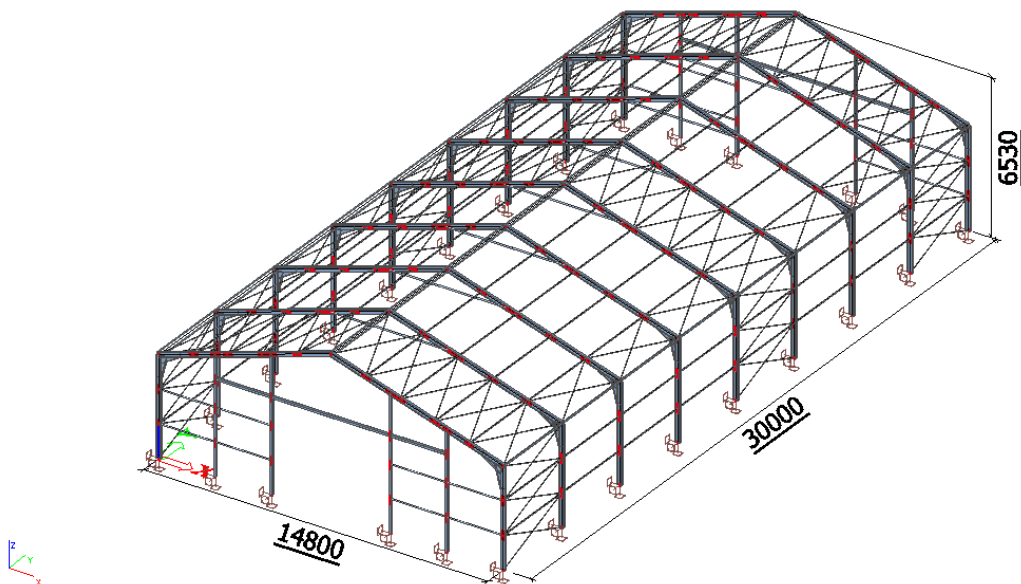
Výhodami toho systému je jednoduchá a rychlá montáž, demontáž a přesun na nové místo působení. Další výhodou je možnost vyrovnání výrazných výškových nerovností pomocí speciální patkové základny, čímž se eliminují náklady na výstavbu betonových základů. Neopomenutelnou výhodou je také opláštění propouštějící denní světlo, což zajišťuje přirozené osvětlení celého prostoru uvnitř haly.

Konkurenční firmy, které se zabývají obdobnými řešeními mobilních hal, jsou například HWT, KoHal s.r.o., Diamant Expo s.r.o, Forum, Halltent, Steel&Hall s.r.o. Některé firmy mají pouze svoji řadu montovaných hal, některé dělají i řešení na míru a některé jsou jen obchodními zástupci zahraničních firem (např. Röder HTS Höcker GmbH).

Mezi možné nedostatky, na které lze upozornit, patří měkké opláštění, jež je snadno poškoditelné (např. ještěrkou) a dále o stěny nelze nic opřít. Zlodějům stačí nůž k proniknutí dovnitř haly, tomu se však dá zabránit plechovým ostěním. Střecha haly není pochozí. Pokud z nějakého důvodu zůstane na střeše sníh, může se plachta vytahat a nenávratně poškodit. Lze dělat jen nezateplené haly. Další zásadním nedostatkem je malá odolnost vůči silnému větru obzvláště, když se zapomenou otevřená vrata. Celkově opláštění nesnáší tlak vzduchu zevnitř haly ven. Když má hala volný otvor, je potřeba na protější stěnu instalovat odlehčovací otvory. Konstrukce haly je relativně lehká, počítána přesně, takže nelze dodatečně moc zatěžovat dalším vybavením. Zářivky a elektrická topidla to unese, s dalším případným vybavením se musí počítat od začátku.

1. Základní údaje

Halová konstrukce typu B, MON 3, má vnější šířku 15 m a osovou délku 30 m. Hlavní nosný rámový systém je z válcovaných profilů IPE 200 z oceli S 355. Čelní sloupky jsou ze za studena válcovaných obdélníkových profilů J(CH) 120×80×3 z oceli S 235. Podélné ztužení zajišťují za studena tvarované kruhové trubky CFCHS 48.3×3.2 z oceli S 235, příčná ztužení jsou provedena pomocí za studena tvarovaných kruhových trubek CFCHS 60.3×3.2 z oceli S 235. Zavětrování je zhotoveno z kruhových tyčí RD20 z oceli S 235.



Obrázek 1 - 3D model konstrukce (zdroj: Příloha 11)

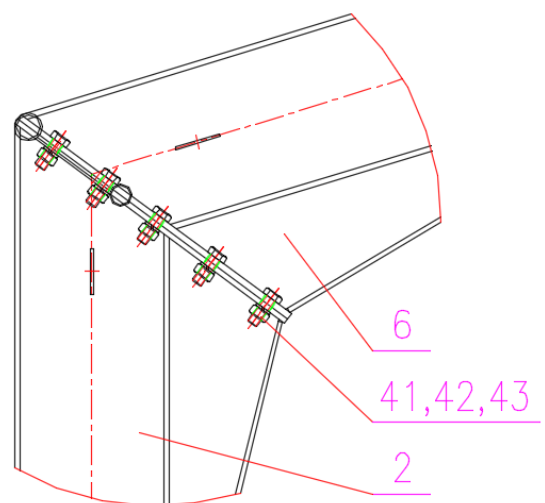
Kotvení sloupů s betonovým základem je provedeno pomocí Roxoru Ø20 mm. Dále je možné kotvit na závitovou tyč.



Obrázek 2 – Kotvení sloupu s vyrovnávací patkou, kotvení Roxorem Ø20 mm (zdroj: Příloha 15)

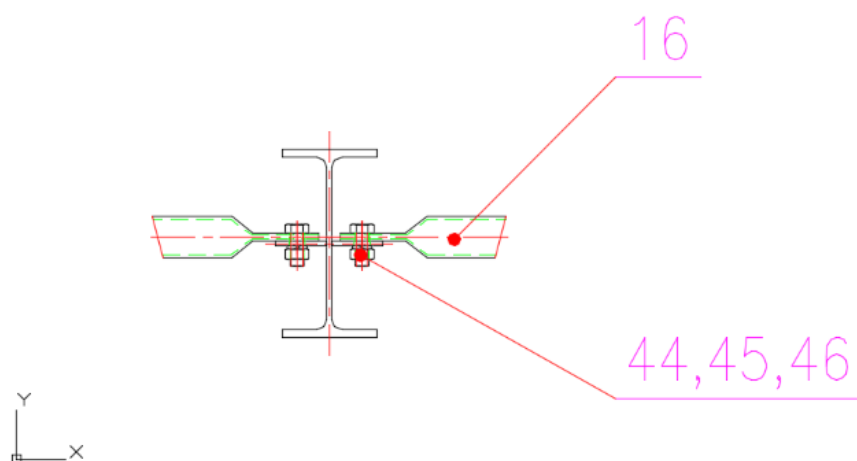
Spoje hlavních nosných částí a spoje ztužujících prvků jsou realizovány pomocí M16. Eventuální připojení sloupu k vyrovnávací patce je zajištěn pomocí šroubů M20.

H (1:10)



Obrázek 3 - Spoj hlavních nosných částí, Sloup - Příčle (zdroj: Příloha 14)

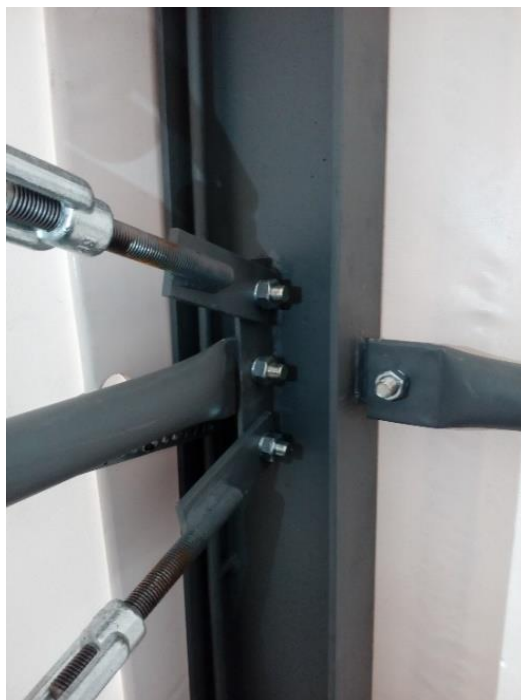
G (1:10)



Obrázek 4 – Spoj podélného ztužení pomocí šroubu M16 (zdroj: Příloha 15)



Obrázek 5 – Šroubový spoj podélného ztužení pomocí šroubu M16 (zdroj: Příloha 15)



Obrázek 6 – Šroubový spoj podélného ztužení a zavětrování pomocí šroubu M16 (zdroj: Příloha 15)

Opláštění



Obrázek 7 – Opláštění pomocí hi-tech membrány, vnější pohled (zdroj: Příloha 15)



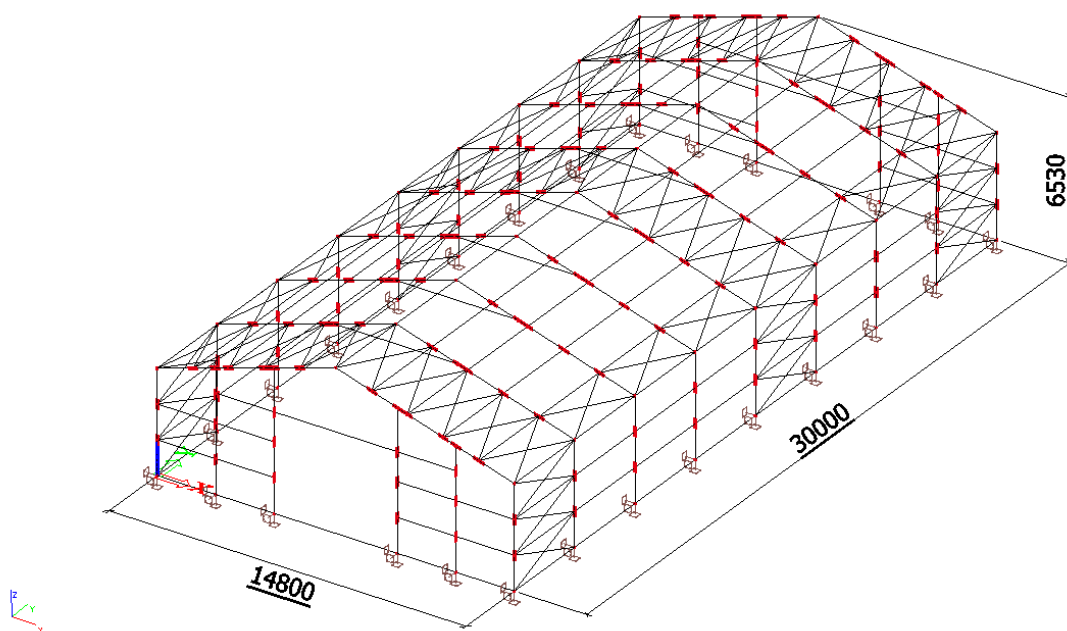
Obrázek 8 – Opláštění pomocí hi-tech membrány, vnitřní pohled (zdroj: Příloha 15)

2. Statický výpočet

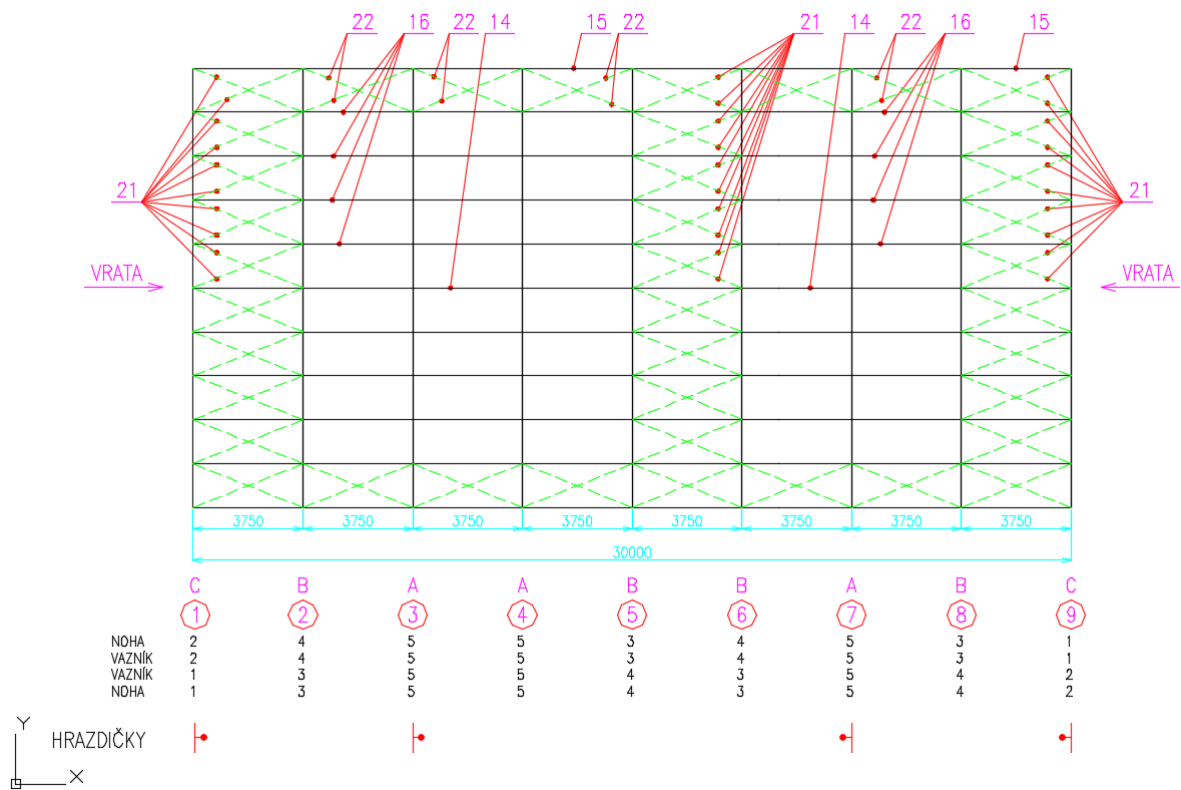
2.1. *Stručný popis modelu*

Model pro statický výpočet byl vytvořen v obecném prostoru XYZ pomocí programu SCIA Engineer 15.2. Výpočet je řízen národní normou EC – EN s národním dodatkem ČSN-EN NA. Konstrukce je uvažována jako soustava prutových prvků. Podpory jsou ve všech místech uvažovány jako pevné neumožňující ani posun, ani pootočení.

2.2. *Geometrické schéma*

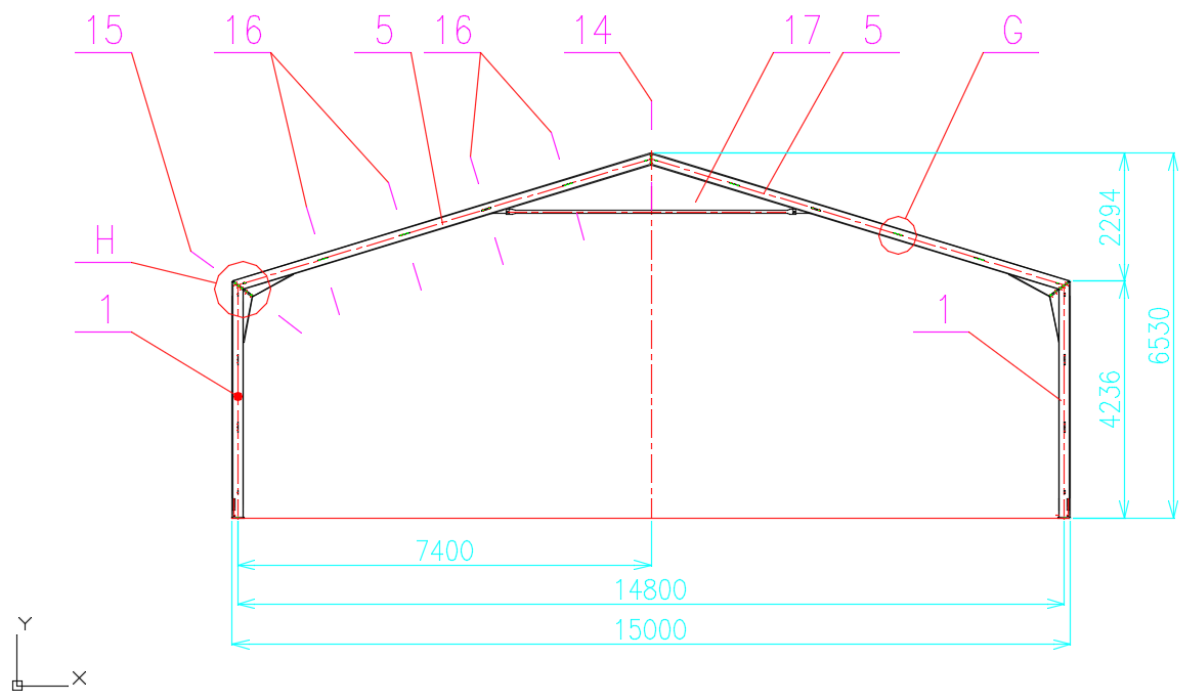


Obrázek 9 - 3D model haly MON 3 (zdroj: Příloha 11)



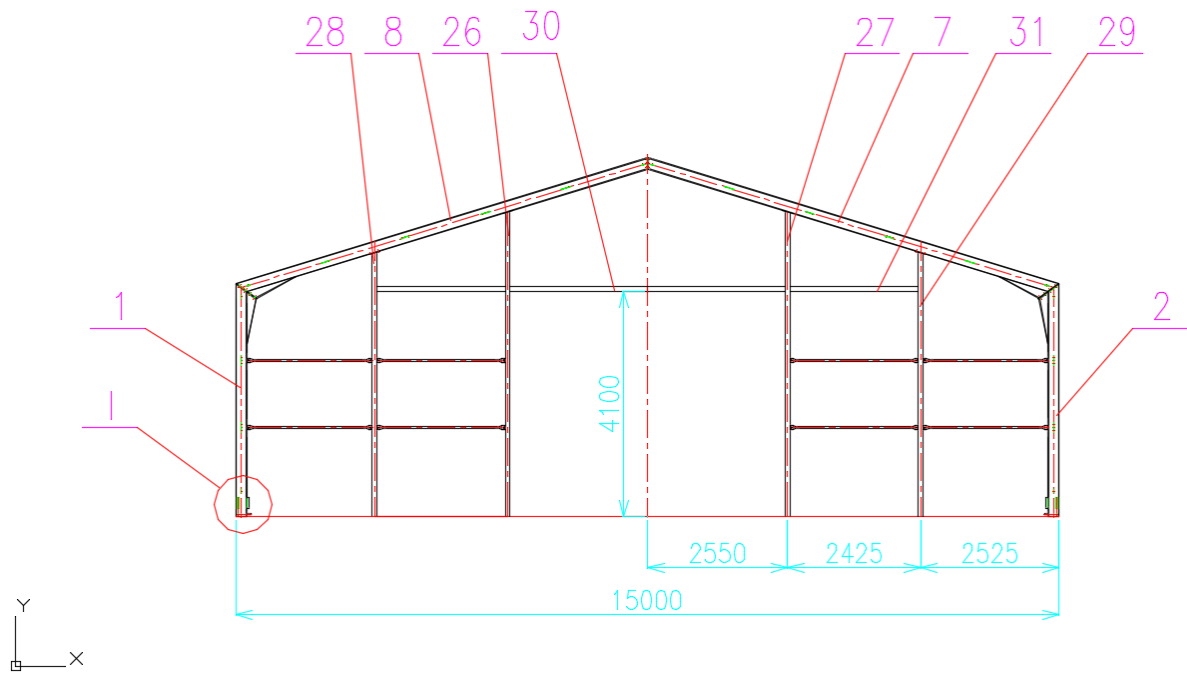
Obrázek 10 - Půdorysné schéma konstrukce (zdroj: Příloha 14)

A – TYPICKÝ RÁM



Obrázek 11 - Příčný řez konstrukcí, typický rám (zdroj: Příloha 14)

C – ŠTÍTOVÝ RÁM



Obrázek 12 - Příčný řez konstrukcí, štítový rám (zdroj: Příloha 14)

Tabulka 1 – Kusovník - upraveno (zdroj: Příloha 14)

Kusy	Název - Rozměr	Materiál konečný	Čistá hmot. v kg	Pozice	Celkem kg
800	PODLOŽKA 16	8	0,012	46	9,6
800	MATICE M16	8	0,03	45	24
800	ŠROUB M16x55	8	0,19	44	152
36	PODLOŽKA 20	8	0,016	43	0,6
36	MATICE M20	8	0,05	42	1,8
36	M20-250	8	0,5	36	16,2
16	NAPÍNACÍ JAKL 1	S 235	17,1	34	273,6
32	NAPÍNÁK 1	S 235	0,5	33	16,96
20	TÁHLO 3	S 235	6,7	23	133
80	TÁHLO 2	S 235	11,2	22	896
36	TÁHLO 1	S 235	10,4	21	374,4
8	VZPĚRA 2	S 235	23,4	18	187,2
96	VZPĚRA 1	S 235	13,3	17	1276,8
16	BOK 1	S 235	21,8	16	348
8	HŘEBEN 1	S 235	21,8	15	174
1	PODSTAVA	S 235	1,1	14	1,12
4	VAZNÍK-HRAZDIČKY	S 235	9,4	13	37,68
8	NOHA-HRAZDIČKY	S 235	4,7	12	37,76
6	VAZNÍK 5	S 355	189,4	10	1136,4
4	VAZNÍK 4	S 355	190,3	9	761,2
4	VAZNÍK 3	S 355	190,3	8	761,2
2	VAZNÍK 2	S 355	188,1	7	376,2
2	VAZNÍK 1	S 355	188,1	6	376,2
6	NOHA 5	S 355	111,0	5	665,76
4	NOHA 4	S 355	111,7	4	446,96
4	NOHA 3	S 355	111,7	3	446,96
2	NOHA 2	S 355	111,2	2	222,36
2	NOHA 1	S 355	111,2	1	222,36
					9374

2.3. Zatížení

2.3.1. Popis zatěžovacích stavů

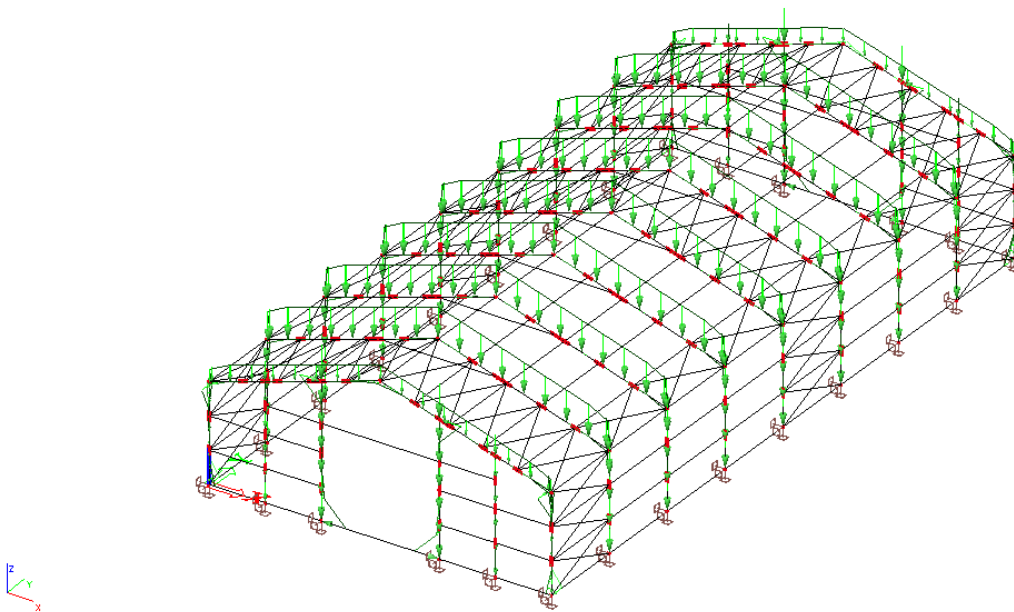
2.3.1.1. Stálé zatížení

Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce byla vypočtena v programu SCIA Engineer 15.2.

Ostatní stálé zatížení

K opláštění konstrukce je použita plachtovina Mehler 8540 (výrobce uvádí $900 \text{ g/m}^2 = 0,009 \text{ kN/m}^2$). Plášť je modelován jako plošné zatížení působící ve směru -Z v GSS, které je následně přepočítáno programem na spojitě zatížení působící na všechny hlavní nosné části konstrukce.



Obrázek 13 - Zatížení pláštěm (zdroj: Příloha 11)

2.3.1.2. Zatížení nahodilá, krátkodobá

Zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-3

Zatížení sněhem je modelováno jako plošné zatížení působící ve směru -Z v GSS na půdorysný průmět střechy, je modelováno pro tři případy. V prvním případě na hlavní nosnou konstrukci působí zatížení od sněhu za bezvětří (Obrázek 12). V druhém a třetím případě na hlavní nosnou konstrukci působí sníh navátý zleva nebo zprava (Obrázek 13, 14). Konstrukce je posuzována pro **III.** sněhovou oblast.

Parametry a součinitelé pro výpočet:

Součinitel prostředí dle ČSN EN 1991-1-3, 5.2 Tab. 5.1

$$c_e = 1,0$$

Tepelný součinitel dle ČSN EN 1991-1-4, 5.2

$$c_t = 1,0$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-4,

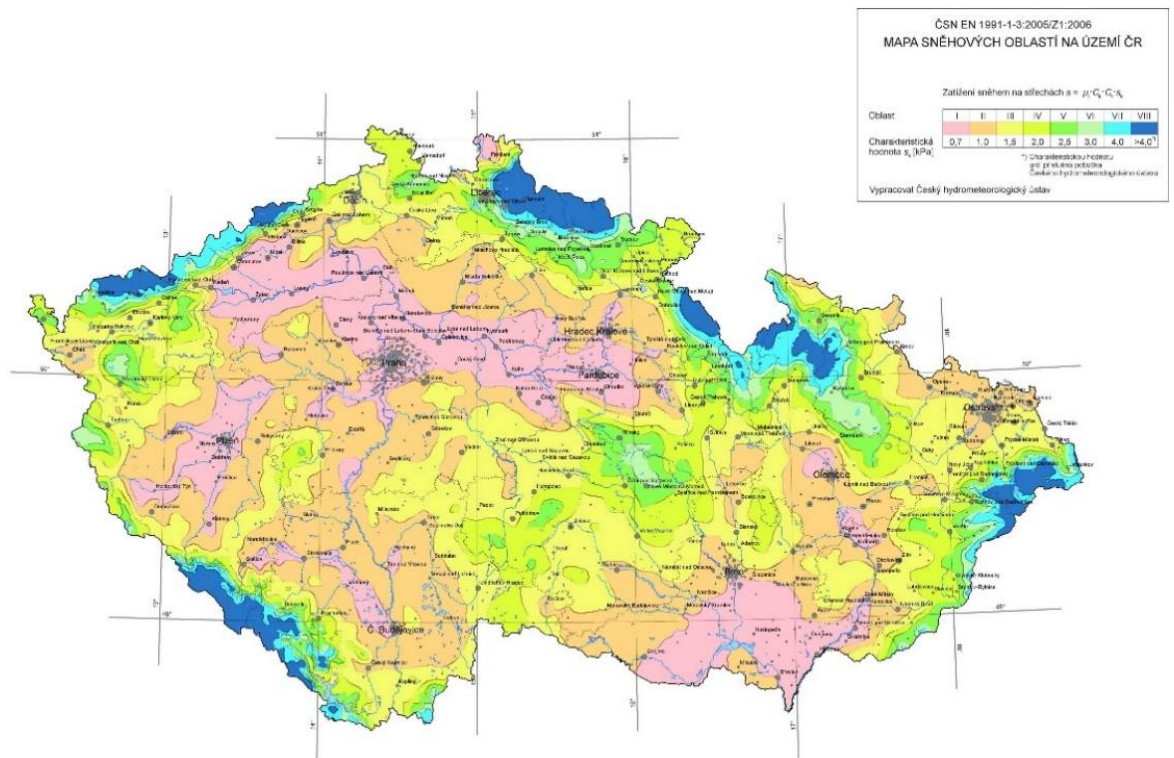
$$s_k = 1,50 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{(Mapa sněhových oblastí)}$$

Součinitelé ψ_0, ψ_1, ψ_2 dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2 Tab. 4.1

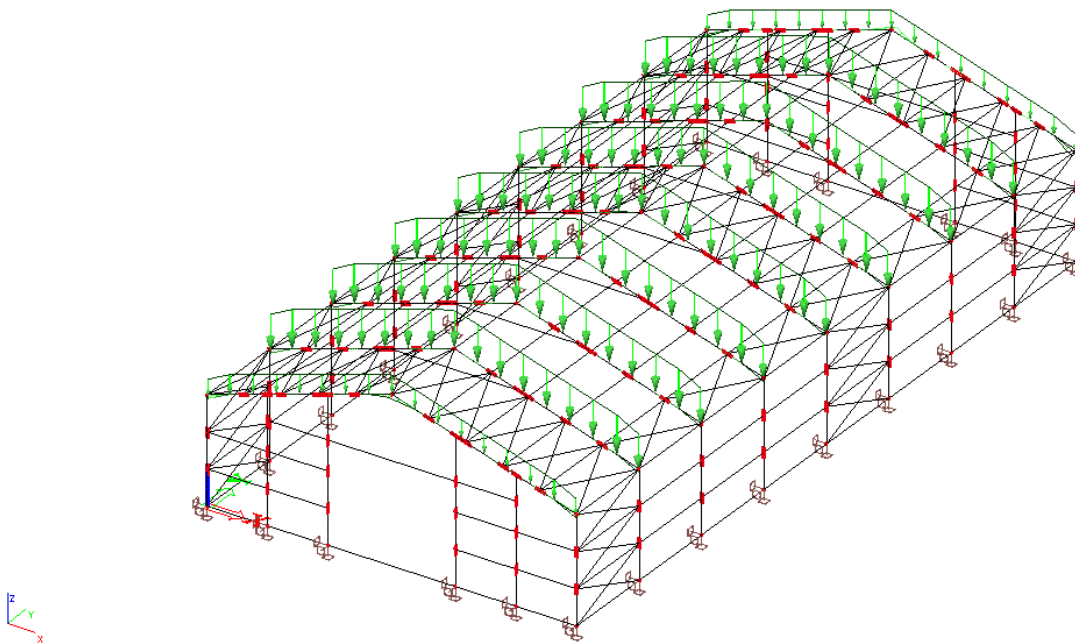
$$\psi_0 = 0,50$$

$$\psi_1 = 0,20$$

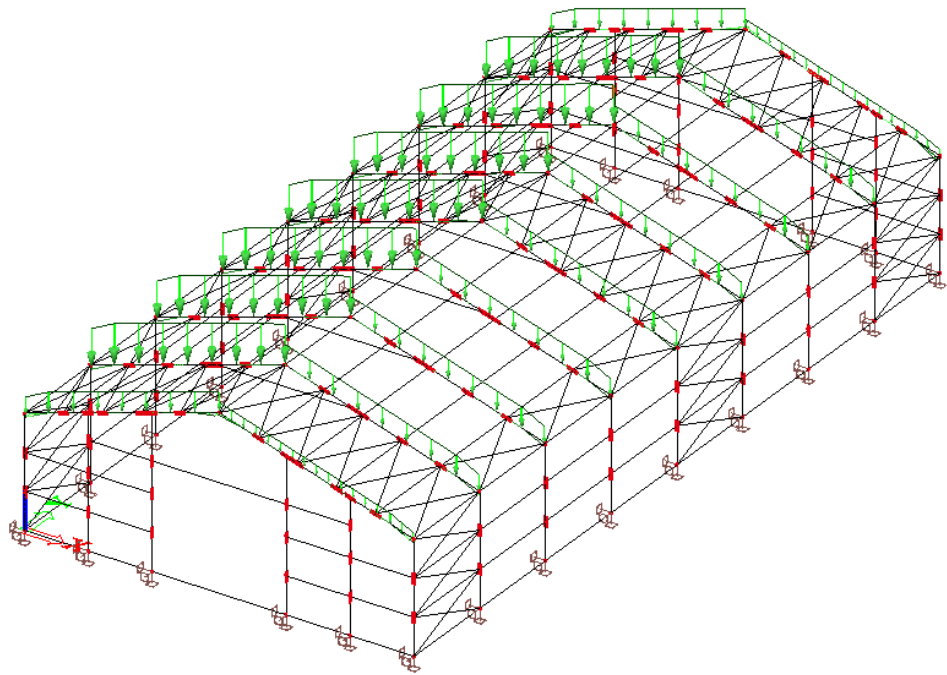
$$\psi_2 = 0,00$$



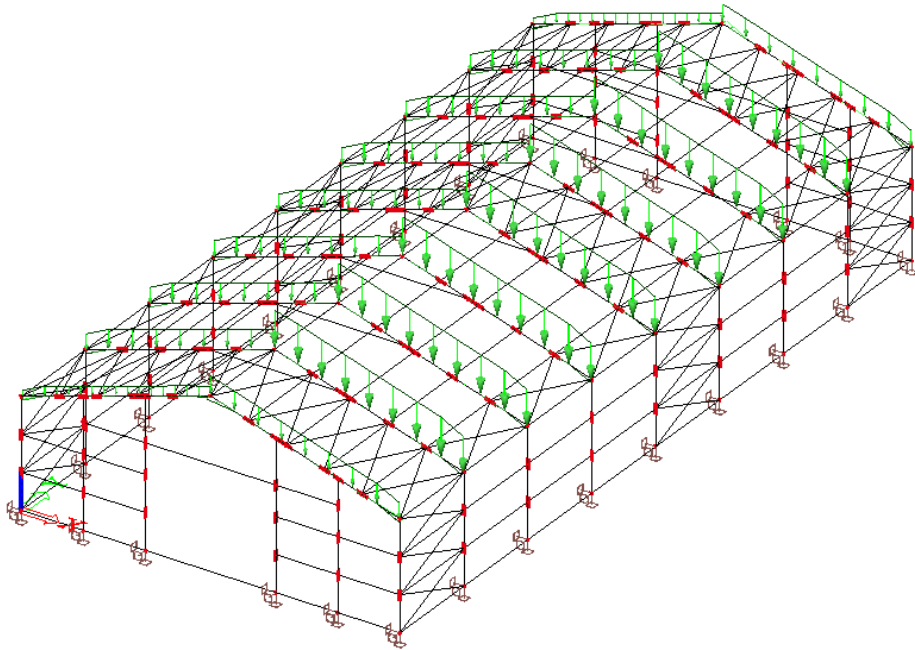
Obrázek 14 - Mapa sněhových oblastí na území ČR (zdroj: <http://www.sticka.cz/mapy>)



Obrázek 15 - Zatížení sněhem za bezvětří (zdroj: Příloha 11)



Obrázek 16 - Zatížení sněhem navátým zleva (zdroj: Příloha 11)



Obrázek 17 - Zatížení sněhem navátým zprava (zdroj: Příloha 11)

Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4

Program SCIA Engineer 15.2 umožňuje využití Generátoru větru 3D, který na základě uživatelem zadaných parametrů a zatěžovacích panelů vygeneruje všechny možné případy zatížení způsobované tlakem obtékaného vzduchu a rozloží jej do požadovaných referenčních ploch dle ČSN EN 1991-1-4 a automaticky dosadí hodnoty součinitelů vnějšího tlaku c_{pe} i součinitelů vnitřního tlaku c_{pi} do výpočtu.

Konstrukce je posuzována pro **IV.** větrnou oblast.

Parametry a součinitelé pro výpočet:

Referenční výška	dle ČSN EN 1991-1-4, Obr. 7.4
$h \leq b \rightarrow z_e = h$	
Součinitel směru	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2
$c_{dir} = 1,0$	
Součinitel ročního období	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2
$c_{season} = 1,0$	
Součinitel orografie	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.3
$c_o = 1,0$	
Základní rychlost větru	dle ČSN EN 1991-1-4 (Mapa větrných oblastí)
$v_{b,0} = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	
Hustota vzduchu	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.5
$\rho_0 = 1,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	
Součinitel pravděpodobnosti	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2
$c_{prob} = 1,0$	
Součinitel tvaru	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2
$k = 0,2$	
Exponent	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.2
$n = 0,5$	
Součinitel drsnosti	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.3.2
$c_r = 1,0$	
Součinitel terénu	dle ČSN EN 1991-1-4, 4.3.2
$k_p = 0,16$	

Parametry terénu

$$z_0 = 0,003 \text{ m}$$

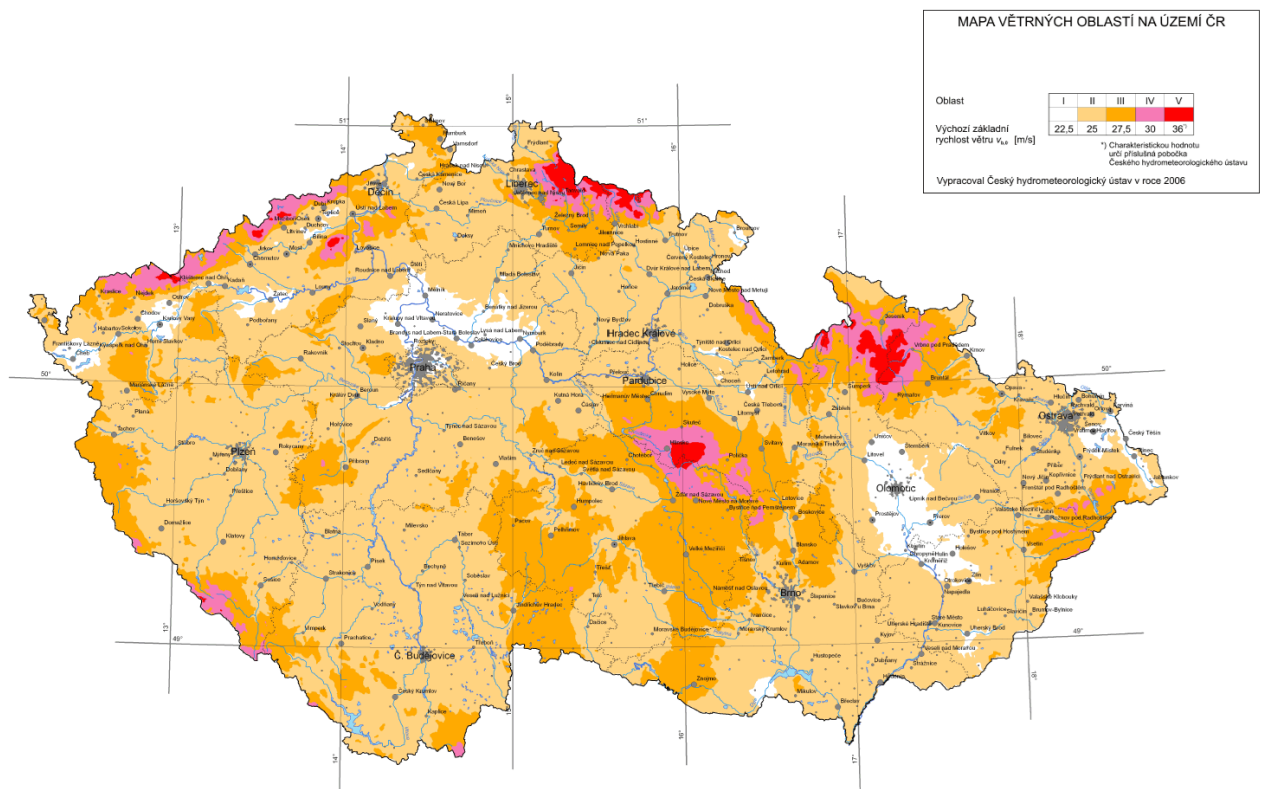
$$z_{min} = 1,0 \text{ m}$$

Součinitel turbulence

$$k_l = 1,0$$

dle ČSN EN 1991-1-4, 4.3.2 Tab. 4.1

dle ČSN EN 1991-1-4, 4.4



Obrázek 18 - Mapa větrných oblastí na území ČR (zdroj: <http://www.sticka.cz/mapy>)

Tabulka 2 - Zatěžovací stavy pro vítr (zdroj: Příloha 10)

	Směr	$+C_{pe},$ $+C_{pi}$	$+C_{pe},$ $-C_{pi}$	$-C_{pe},$ $+C_{pi}$	$-C_{pe},$ $-C_{pi}$
1	0°	ano	ano	ano	ano
2	90°	ano	ano	ano	ano
3	180°	ano	ano	ano	ano
4	270°	ano	ano	ano	ano

2.3.1.3. Kombinace zatížení dle ČSN EN 1990

Kombinace zatížení pro stálé a nahodilé návrhové situace (základní kombinace).

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{dle ČSN EN 1990 6.10}$$

Alternativně pro mezní stavy STR a GEO jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,i} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{dle ČSN EN 1990 6.10a}$$

$$\sum \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{dle ČSN EN 1990 6.10b}$$

$G_{k,j}$ – stálá zatížení

$Q_{k,i}$ – nahodilá zatížení

$\gamma_{G,j}$, $\gamma_{Q,1}$, $\gamma_{Q,i}$ – součinitele pro jednotlivá zatížení

$\psi_{0,i}$ – součinitel kombinace zatížení dle ČSN EN 1990 Tab. A1.1

ξ – 0,85 – redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle ČSN EN 1990

Kombinace zatížení byly vygenerovány v programu SCIA Engineer 15.2

Tabulka 3 - Kombinace (zdroj: Příloha 10)

Kombinace zatížení ψ_0

CO1

LC0 – Vlastní tíha	1,00	3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	1,00
LC1 – Opláštění	1,00	3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	1,00
LC2 – Zatížení sněhem	1,00	3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	1,00
LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,00	3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	1,00
LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,00	3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	1,00
3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	1,00	3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	1,00
3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	1,00	3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	1,00
3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	1,00	3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	1,00
3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	1,00	3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	1,00
3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	1,00	3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	1,00
3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	1,00		

CO2 Kombinace zatížení	ψ_0	CO6 Kombinace zatížení	ψ_0
LC0 – Vlastní tíha	1,35	LC0 – Vlastní tíha	1,00
LC1 – Opláštění	1,35	LC1 – Opláštění	1,00
		LC2 – Zatížení sněhem	1,05
CO3 Kombinace zatížení	ψ_0	LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05
LC0 – Vlastní tíha	1,00	LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05
LC1 – Opláštění	1,00	3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90
		3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90
CO4 Kombinace zatížení	ψ_0	3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90
LC0 – Vlastní tíha	1,15	3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90
LC1 – Opláštění	1,15	3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90
		3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90
CO5 Kombinace zatížení	ψ_0	3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90
LC0 – Vlastní tíha	1,35	3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90
LC1 – Opláštění	1,35	3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90
LC2 – Zatížení sněhem	1,05	3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90
LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05	3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90
LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05	3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	0,90
3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90
3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90		
3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90	CO7 Kombinace zatížení	ψ_0
3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90	LC0 – Vlastní tíha	1,15
3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90	LC1 – Opláštění	1,15
3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90	LC2 – Zatížení sněhem	1,50
3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90	LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,50
3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90	LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,50
3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90
3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90
3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90

3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90	CO9 Kombinace zatížení	ψ_0
3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90	LC0 – Vlastní tíha	1,35
3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90	LC1 – Opláštění	1,35
3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90	LC2 – Zatížení sněhem	1,05
3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90	LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05
3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90	LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05
3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90
3DVítr 13 – 270, +CPE, +CP	0,90	3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90
3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90
CO8 Kombinace zatížení	ψ_0	3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90
LC0 – Vlastní tíha	1,00	3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90
LC1 – Opláštění	1,00	3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90
LC2 – Zatížení sněhem	1,50	3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90
LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,50	3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90
LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,50	3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	0,90
3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90
3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90	CO10 Kombinace zatížení	ψ_0
3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90	LC0 – Vlastní tíha	1,00
3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90	LC1 – Opláštění	1,00
3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90	LC2 – Zatížení sněhem	1,05
3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90	LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05
3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90	LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05
3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	0,90
3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	0,90
3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	0,90
3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	0,90
3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	0,90

3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	1,50
3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	0,90	3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	1,50
3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	0,90	3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	1,50
3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	0,90	3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	1,50
3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	0,90	3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	1,50
3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	0,90		
3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	0,90	CO12 Kombinace zatížení	ψ_0
3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	0,90	LC0 – Vlastní tíha	1,00
3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	0,90	LC1 – Opláštění	1,00
3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	0,90	LC2 – Zatížení sněhem	1,05
3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	0,90	LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05
		LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05
CO11 Kombinace zatížení	ψ_0	3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	1,50
LC0 – Vlastní tíha	1,15	3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	1,50
LC1 – Opláštění	1,15	3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	1,50
LC2 – Zatížení sněhem	1,05	3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	1,50
LC2.1 – Zatížení sněhem zleva	1,05	3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	1,50
LC2.2 – Zatížení sněhem zprava	1,05	3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	1,50
3DVítr 1 – 0, +CPE, +CPI	1,50	3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	1,50
3DVítr 2 – 0, +CPE, -CPI	1,50	3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	1,50
3DVítr 3 – 0, -CPE, +CPI	1,50	3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	1,50
3DVítr 4 – 0, -CPE, -CPI	1,50	3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	1,50
3DVítr 5 – 90, +CPE, +CPI	1,50	3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	1,50
3DVítr 6 – 90, +CPE, -CPI	1,50	3DVítr 12 – 180, -CPE, -CPI	1,50
3DVítr 7 – 90, -CPE, +CPI	1,50	3DVítr 13 – 270, +CPE, +CPI	1,50
3DVítr 8 – 90, -CPE, -CPI	1,50	3DVítr 14 – 270, +CPE, -CPI	1,50
3DVítr 9 – 180, +CPE, +CPI	1,50	3DVítr 15 – 270, -CPE, +CPI	1,50
3DVítr 10 – 180, +CPE, -CPI	1,50	3DVítr 16 – 270, -CPE, -CPI	1,50
3DVítr 11 – 180, -CPE, +CPI	1,50		

Klíč kombinace

Tabulka 4 – Klíč kombinace (zdroj: Příloha 10)

Jméno	Popis kombinací
1	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50+ 3DVítr10*0,90
2	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50+ 3DVítr2*0,90
3	LC0*1,35 + LC1*1,35 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05
4	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50
5	LC0*1,00 + LC1*1,00 + 3DVítr11*1,50
6	LC0*1,00 + LC1*1,00 + 3DVítr3*1,50
7	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50+ 3DVítr6*0,90
8	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50+ 3DVítr14*0,90
9	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05+ 3DVítr6*1,50
10	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2.1*1,05 + 3DVítr2*1,50
11	LC0*1,15 + LC1*1,15 + 3DVítr9*1,50
12	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,50 + LC2.1*1,50 + LC2.2*1,50 + 3DVítr2*0,90
13	LC0*1,35 + LC1*1,35 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr2*0,90
14	LC0*1,35 + LC1*1,35 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr10*0,90
15	LC0*1,00 + LC1*1,00 + 3DVítr1*1,50
16	LC0*1,00 + LC1*1,00 + 3DVítr9*1,50
17	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr3*1,50
18	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr11*1,50
19	LC0*1,15 + LC1*1,15 + 3DVítr1*1,50
20	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + 3DVítr2*1,50
21	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2.2*1,05+ 3DVítr10*1,50
22	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2.2*1,05+ 3DVítr9*1,50
23	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + 3DVítr1*1,50
24	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr2*1,50
25	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr1*1,50
26	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr9*1,50
27	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr10*1,50
28	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr10*1,50
29	LC0*1,35 + LC1*1,35 + 3DVítr9*0,90
30	LC0*1,15 + LC1*1,15 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr14*1,50
31	LC0*1,35 + LC1*1,35 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr1*0,90
32	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr1*1,50
33	LC0*1,00 + LC1*1,00 + LC2*1,05 + LC2.1*1,05 + LC2.2*1,05 + 3DVítr9*1,50

2.4. Posouzení jednotlivých částí halové konstrukce

2.4.1. Posudek sloupů

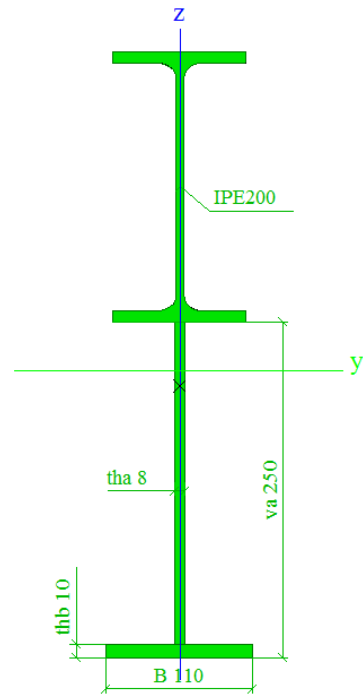
2.4.1.1. Identifikace průřezu

Tabulka 5 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 1)

Materiál	S355
f_y	355
f_u	490
ε	0,814
γ_{M0}	1,00
γ_{M1}	1,00

Tabulka 6 – Rozměry nosníku (zdroj: Příloha 9)

Rozměry nosníku	Značka	[mm]
Výška	h	200
Tloušťka pásnice	t	9
Šířka pásnice	b	100
Tloušťka stojiny	s	6



Obrázek 19 – Profil IPE200 s náběhem (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 7 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 9)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer 15.2		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$5,871e^{-3}$
I_y	m^4	$1430e^{-4}$
I_z	m^4	$2,543e^{-6}$
i_y	mm	156
i_z	mm	21
$w_{el,y}$	m^3	$6,044e^{-4}$
$w_{el,z}$	m^3	$4,624e^{-5}$
$w_{pl,y}$	m^3	$7,841e^{-4}$
$w_{pl,z}$	m^3	$7,872e^{-5}$

Tabulka 8 – Hodnoty maximálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 1)

Hodnoty maximálních vnitřních sil z programu SCIA Engineer 15.2						
Prut	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [MPa]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
B1	-90,96	-2,37	-39,46	-0,07	-65,87	-0,72
B2	-77,58	0,39	-41,19	0,04	-94,74	-0,44
B3	-109,64	0,75	-62,87	-0,07	-144,06	-0,49
B4	-119,03	0,79	-73,94	-0,07	-169,07	0,73
B5	-123,94	0,29	-76,84	-0,03	-174,69	-0,22
B6	-123,26	-0,54	-75,15	0,05	-170,44	-0,46
B7	-110,26	-0,60	-64,04	0,06	-146,58	0,44
B8	-79,33	-0,36	-41,88	-0,04	-96,35	0,40
B9	-88,44	2,37	-40,08	0,07	-67,34	0,66
B10	-90,96	2,37	-39,46	0,07	-65,87	0,72
B11	-77,58	-0,39	-41,19	-0,04	-94,74	0,44
B12	-109,64	-0,75	-62,87	0,07	-144,06	0,49
B13	-119,03	-0,79	-73,94	0,07	-169,07	-0,73
B14	-123,94	-0,29	-76,84	0,03	-174,69	0,22
B15	-123,26	0,54	-75,15	-0,05	-170,44	0,46
B16	-110,26	0,60	-64,04	-0,06	-146,58	-0,44
B17	-79,33	0,36	-41,88	0,04	-96,35	-0,40
B18	-88,44	-2,37	-40,08	-0,07	-67,34	-0,66

2.4.1.2. Posouzení na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ [kN]}$$

Tabulka 9 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

Prut	A [mm ²]	f _y [N/mm ²]	γ _{M0}	N _{Ed} [kN]	N _{c,Rd} [kN]	Vyhodnocení
B1	2,85e ³	355	1,0	-74,29	1011,75	Vyhoví
B2	2,85e ³	355	1,0	-77,36	1011,75	Vyhoví
B3	2,85e ³	355	1,0	-93,48	1011,75	Vyhoví
B4	2,85e ³	355	1,0	-103,75	1011,75	Vyhoví
B5	2,85e ³	355	1,0	-101,79	1011,75	Vyhoví
B6	2,85e ³	355	1,0	-110,46	1011,75	Vyhoví
B7	2,85e ³	355	1,0	-94,42	1011,75	Vyhoví
B8	2,85e ³	355	1,0	-79,11	1011,75	Vyhoví
B9	2,85e ³	355	1,0	-75,30	1011,75	Vyhoví
B10	2,85e ³	355	1,0	-74,29	1011,75	Vyhoví
B11	2,85e ³	355	1,0	-77,36	1011,75	Vyhoví
B12	2,85e ³	355	1,0	-93,48	1011,75	Vyhoví
B13	2,85e ³	355	1,0	-103,75	1011,75	Vyhoví
B14	2,85e ³	355	1,0	-101,79	1011,75	Vyhoví
B15	2,85e ³	355	1,0	-110,46	1011,75	Vyhoví
B16	2,85e ³	355	1,0	-94,42	1011,75	Vyhoví
B17	2,85e ³	355	1,0	-79,11	1011,75	Vyhoví
B18	2,85e ³	355	1,0	-75,30	1011,75	Vyhoví

2.4.1.3. Posouzení na momentovou únosnost v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 10 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

Prut	$W_{pl,y} [m^3]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$M_{Ed} [kN.m]$	$M_{c,Rd} [kN.m]$	Vyhodnocení
B1	$2,21e^{-4}$	355	1,0	59,34	78,45	Vyhoví
B2	$2,42e^{-4}$	355	1,0	-73,53	85,89	Nevyhoví
B3	$2,21e^{-4}$	355	1,0	114,06	78,45	Nevyhoví
B4	$2,21e^{-4}$	355	1,0	134,28	78,45	Nevyhoví
B5	$2,21e^{-4}$	355	1,0	139,70	78,45	Nevyhoví
B6	$2,21e^{-4}$	355	1,0	136,66	78,45	Nevyhoví
B7	$2,21e^{-4}$	355	1,0	116,44	78,45	Nevyhoví
B8	$2,42e^{-4}$	355	1,0	-74,53	85,89	Vyhoví
B9	$2,21e^{-4}$	355	1,0	61,20	78,45	Vyhoví
B10	$2,21e^{-4}$	355	1,0	59,34	78,45	Vyhoví
B11	$2,42e^{-4}$	355	1,0	-73,53	85,59	Nevyhoví
B12	$2,21e^{-4}$	355	1,0	114,06	78,45	Nevyhoví
B13	$2,21e^{-4}$	355	1,0	134,28	78,45	Nevyhoví
B14	$2,21e^{-4}$	355	1,0	139,70	78,45	Nevyhoví
B15	$2,21e^{-4}$	355	1,0	136,66	78,45	Nevyhoví
B16	$2,21e^{-4}$	355	1,0	116,44	78,45	Nevyhoví
B17	$2,42e^{-4}$	355	1,0	-74,53	85,89	Vyhoví
B18	$2,21e^{-4}$	355	1,0	61,20	78,45	Vyhoví

2.4.1.4. Posouzení na smyk v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \text{ [kN]}$$

Tabulka 11 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

Prut	A_v [m ²]	f_y [N/mm ²]	γ_{M0}	V_{Ed} [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Vyhodnocení
B1	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-29,84	287,27	Vyhoví
B2	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-38,52	287,27	Vyhoví
B3	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-62,87	287,27	Vyhoví
B4	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-73,94	287,27	Vyhoví
B5	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-76,84	287,27	Vyhoví
B6	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-75,15	287,27	Vyhoví
B7	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-64,24	287,27	Vyhoví
B8	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-38,94	287,27	Vyhoví
B9	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-30,75	287,27	Vyhoví
B10	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-29,84	287,27	Vyhoví
B11	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-38,52	287,27	Vyhoví
B12	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-62,87	287,27	Vyhoví
B13	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-73,94	287,27	Vyhoví
B14	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-76,84	287,27	Vyhoví
B15	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-75,15	287,27	Vyhoví
B16	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-64,24	287,27	Vyhoví
B17	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-38,94	287,27	Vyhoví
B18	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-30,75	287,27	Vyhoví

2.4.1.5. Posouzení na kroucení v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$$T_{Ed} \leq T_{Rd}$$

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 12 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

Prut	f_y [N/mm ²]	$\tau_{t,Ed}$ [MPa]	τ_{Rd} [MPa]	Vyhodnocení
B1	355	0,9	205	Vyhoví
B2	355	0,9	205	Vyhoví
B3	355	0,8	205	Vyhoví
B4	355	0,3	205	Vyhoví
B5	355	0,0	205	Vyhoví
B6	355	0,2	205	Vyhoví
B7	355	0,8	205	Vyhoví
B8	355	0,9	205	Vyhoví
B9	355	0,9	205	Vyhoví
B10	355	0,9	205	Vyhoví
B11	355	0,9	205	Vyhoví
B12	355	0,8	205	Vyhoví
B13	355	0,3	205	Vyhoví
B14	355	0,0	205	Vyhoví
B15	355	0,2	205	Vyhoví
B16	355	0,8	205	Vyhoví
B17	355	0,9	205	Vyhoví
B18	355	0,9	205	Vyhoví

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

2.4.1.6. Posudek na kombinaci ohybu, osové síly a smykové síly v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{\beta} \leq 1$$

$$M_{N,y,Rd} = \frac{M_{pl,y,Rd}(1-n)}{(1-0,5a)} \text{ [kN.m]}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}; a - \text{ dle zatřídění průřezu}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 13 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

Prut	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	α	$M_{pl,y,Rd}$ [kN.m]	β	$M_{pl,z,Rd}$ [kN.m]	Vyhodnocení
B1	59,34	-0,32	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B2	-73,53	-0,07	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B3	114,06	-0,29	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B4	134,28	-0,15	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B5	139,70	-0,03	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B6	136,66	0,19	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B7	116,44	0,29	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B8	-74,53	0,09	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B9	61,20	0,33	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B10	59,34	0,32	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B11	-73,53	0,07	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B12	114,06	0,29	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B13	134,28	0,15	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B14	139,70	0,03	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B15	136,66	-0,19	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B16	116,44	-0,29	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B17	-74,53	-0,09	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B18	61,20	-0,33	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.33), (6.34) i (6.35) z EN 1993-1-1 z článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y a z-z se zanedbává

2.4.1.7. Posudek rovinného vzpěru y-y v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} [kN]$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \lambda^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 14 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 1)

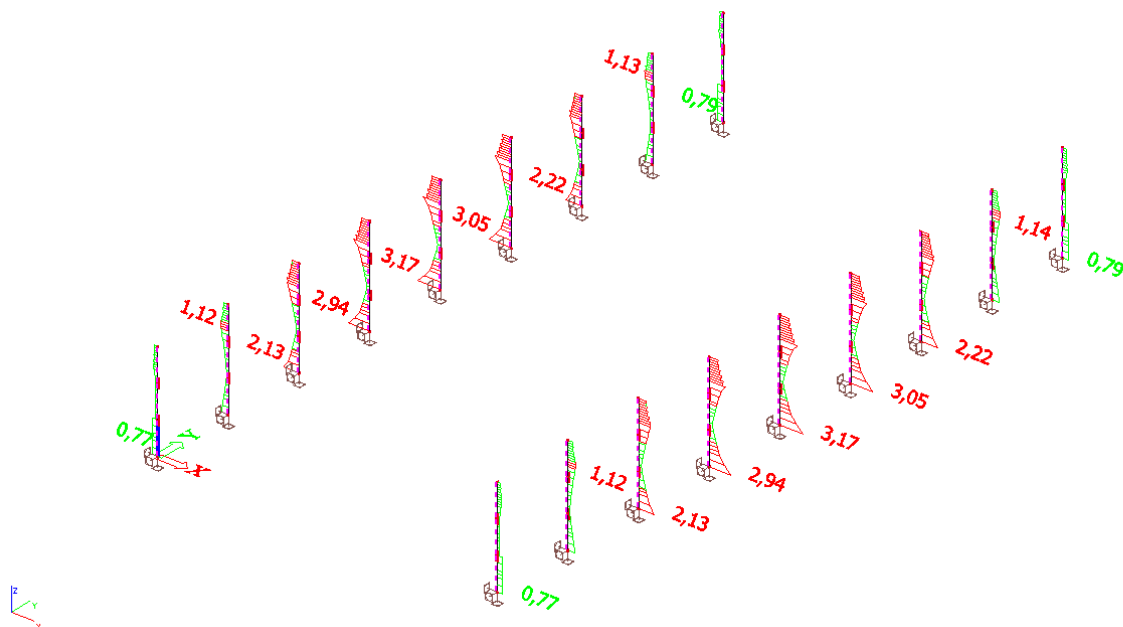
Prut	A [mm ²]	f _y [N/mm ²]	γ _{M1}	N _{Ed} [kN]	N _{b,Rd} [kN]	Vyhodnocení
B1	2,85e ³	355	1,0	-74,29	-	Vyhoví
B2	4,14e ³	355	1,0	-77,36	789,80	Vyhoví
B3	2,85e ³	355	1,0	-93,48	536,45	Vyhoví
B4	2,85e ³	355	1,0	-103,75	548,95	Vyhoví
B5	2,85e ³	355	1,0	-101,79	556,85	Vyhoví
B6	2,85e ³	355	1,0	-110,46	548,84	Vyhoví
B7	2,85e ³	355	1,0	-94,42	544,67	Vyhoví
B8	4,14e ³	355	1,0	-79,11	801,22	Vyhoví
B9	2,85e ³	355	1,0	-75,30	-	Vyhoví
B10	2,85e ³	355	1,0	-74,29	-	Vyhoví
B11	4,14e ³	355	1,0	-77,36	801,94	Vyhoví
B12	2,85e ³	355	1,0	-93,48	546,86	Vyhoví
B13	2,85e ³	355	1,0	-103,75	541,91	Vyhoví
B14	2,85e ³	355	1,0	-101,79	545,19	Vyhoví
B15	2,85e ³	355	1,0	-110,46	553,82	Vyhoví
B16	2,85e ³	355	1,0	-94,42	540,83	Vyhoví
B17	4,14e ³	355	1,0	-79,11	791,42	Vyhoví
B18	2,85e ³	355	1,0	-75,30	-	Vyhoví

Poznámka: Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

2.4.1.8. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2

Tabulka 15 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 1)

Prvek	css	Mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/10	0,000	0,77	0,76	0,77
B2	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	3,494	1,12	0,86	1,12
B3	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	0,000	2,13	2,13	1,67
B4	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	0,000	2,94	2,94	1,97
B5	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	0,000	3,17	3,17	2,02
B6	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	0,000	3,05	3,05	2,03
B7	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	0,000	2,22	2,22	1,70
B8	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	3,494	1,13	0,87	1,13
B9	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/10	0,000	0,79	0,78	0,79
B10	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/11	0,000	0,77	0,76	0,77
B11	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	3,494	1,12	0,86	1,12
B12	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	0,000	2,13	2,13	1,67
B13	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	0,000	2,94	2,94	1,97
B14	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	0,000	3,17	3,17	2,03
B15	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	0,000	3,05	3,05	2,02
B16	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/2	0,000	2,22	2,22	1,70
B17	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/3	3,494	1,14	0,87	1,14
B18	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/11	0,000	0,79	0,78	0,79



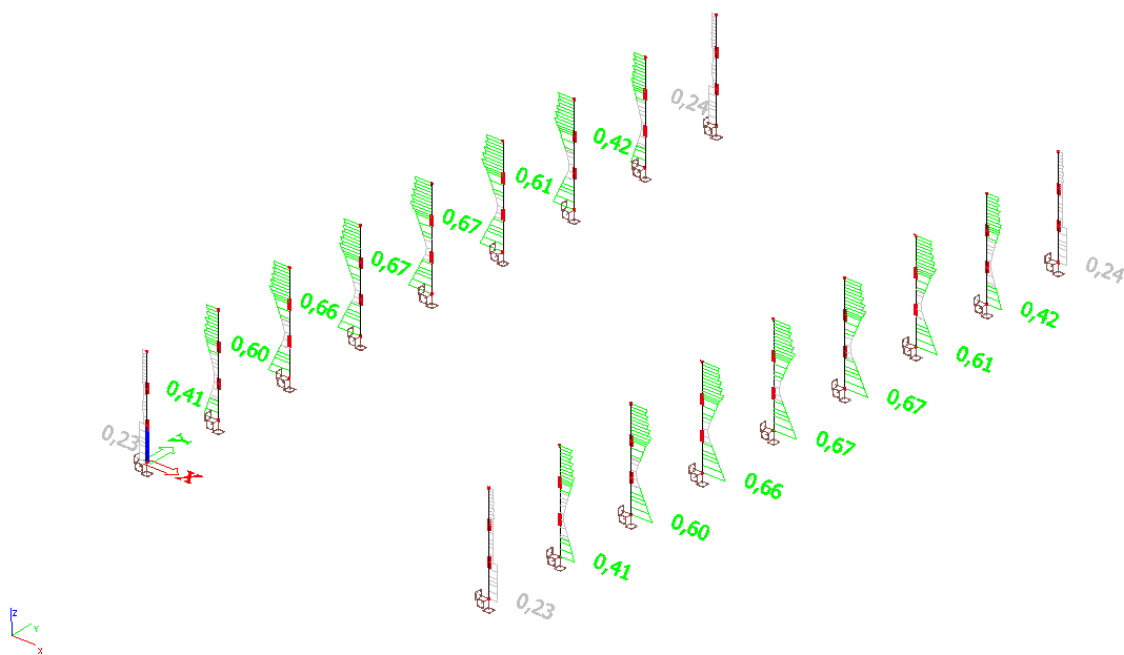
Obrázek 20 – Grafický výstup jednotkového posudku sloupů (zdroj: Příloha 1)

Návrh zesílení

Z jednotkového posudku je patrné, že většina sloupů nevyhoví, tudíž je nutné zesílit profil IPE 200. Navrhují tedy IPE 300 a zvětšení rozměrů náběhu v místě styku sloup a příčel (viz. Příloha 9.A). Po následujících úpravách jednotkový posudek vyhoví.

Tabulka 16 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 1.A)

Prvek	css	Mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/4	0,000	0,23	0,23	0,23
B2	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,41	0,41	0,41
B3	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,60	0,59	0,60
B4	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,66	0,65	0,66
B5	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,67	0,66	0,67
B6	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,67	0,65	0,67
B7	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,61	0,59	0,61
B8	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/6	0,000	0,42	0,41	0,42
B9	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/4	0,000	0,24	0,23	0,24
B10	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/1	0,000	0,23	0,23	0,23
B11	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,41	0,41	0,41
B12	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,60	0,59	0,60
B13	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,66	0,65	0,66
B14	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,67	0,66	0,67
B15	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,67	0,65	0,67
B16	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,61	0,59	0,61
B17	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/33	0,000	0,42	0,41	0,42
B18	Sloup – I + Iw prom	S355	CO1/1	0,000	0,24	0,23	0,24



Obrázek 21 – Grafický výstup jednotkového posudku sloupů po optimalizaci (zdroj: Příloha 1.A)

2.4.2. Posudek příčlí

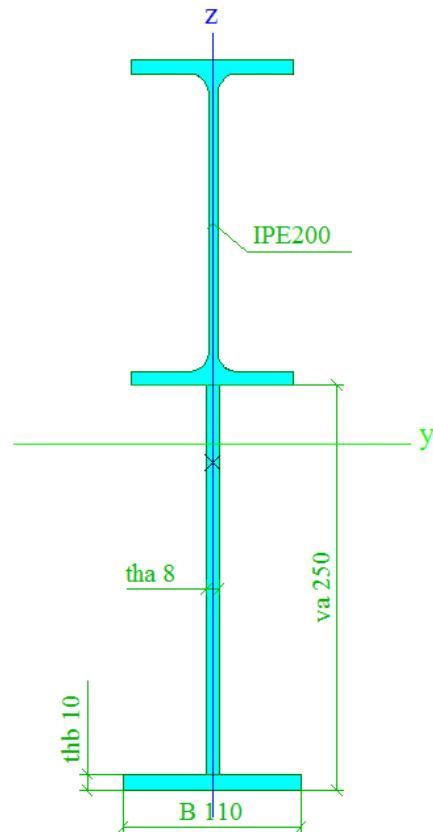
2.4.2.1 Identifikace průřezu

Tabulka 17 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 2)

Materiál	S355
f_y	355
f_u	490
ε	0,814
γ_{M0}	1,00
γ_{M1}	1,00

Tabulka 18 – Rozměry nosníku (zdroj: Příloha 9)

Rozměry nosníku	Značka	[mm]
Výška	h	200
Tloušťka pásnice	t	9
Šířka pásnice	b	100
Tloušťka stojiny	s	6



Obrázek 22 – Profil IPE200 s náběhem (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 19 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 9)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$5,871e^{-3}$
I_y	m^4	$1,400e^{-4}$
I_z	m^4	$2,543e^{-6}$
i_y	mm	156
i_z	mm	21
$w_{el,y}$	m^3	$6,044e^{-4}$
$w_{el,z}$	m^3	$4,624e^{-5}$
$w_{pl,y}$	m^3	$7,841e^{-4}$
$w_{pl,z}$	m^3	$7,872e^{-5}$

Tabulka 20 – Hodnoty maximálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 2)

Hodnoty maximálních vnitřních sil z programu SCIA Engineer 15.2						
Prut	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [MPa]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
B19	100,75	10,13	52,03	-0,53	-66,89	3,18
B20	-130,58	1,18	68,30	0,06	-96,17	1,59
B21	-162,86	1,78	83,97	0,12	-143,18	-1,75
B22	-190,32	1,11	91,31	0,10	-169,25	-1,08
B23	-192,48	0,31	93,27	0,02	-176,08	-0,26
B24	-189,58	-0,64	92,00	-0,06	-171,23	0,63
B25	-164,77	-1,56	84,50	-0,10	-145,31	-1,57
B26	-128,97	-1,15	68,79	-0,06	-97,72	-1,53
B27	97,69	-10,13	51,17	0,53	-66,37	-3,18
B28	100,75	-10,13	52,03	0,53	-66,89	-3,18
B29	-130,58	-1,18	68,30	-0,06	-96,17	-1,59
B30	-162,86	-1,78	83,97	-0,12	-143,18	1,75
B31	-190,32	-1,11	91,31	-0,10	-169,25	1,08
B32	-192,48	-0,31	93,27	-0,02	-176,08	0,26
B33	-189,58	0,64	92,00	0,06	-171,23	-0,63
B34	-164,77	1,56	84,50	0,10	-145,31	1,57
B35	-128,97	1,15	68,79	0,06	-97,72	1,53
B36	97,69	10,13	51,17	-0,53	-66,37	3,18

2.4.2.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} [kN]$$

Tabulka 21 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	$A [mm^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{c,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B19	$2,85e^3$	355	1,0	100,75	1011,75	Vyhoví
B20	$2,85e^3$	355	1,0	-130,58	1011,75	Vyhoví
B21	$2,85e^3$	355	1,0	-110,37	1011,75	Vyhoví
B22	$2,85e^3$	355	1,0	-107,05	1011,75	Vyhoví
B23	$2,85e^3$	355	1,0	-102,31	1011,75	Vyhoví
B24	$2,85e^3$	355	1,0	-110,64	1011,75	Vyhoví
B25	$2,85e^3$	355	1,0	-109,50	1011,75	Vyhoví
B26	$2,85e^3$	355	1,0	-128,97	1011,75	Vyhoví
B27	$2,85e^3$	355	1,0	97,69	1011,75	Vyhoví
B28	$2,85e^3$	355	1,0	100,75	1011,75	Vyhoví
B29	$2,85e^3$	355	1,0	-130,58	1011,75	Vyhoví
B30	$2,85e^3$	355	1,0	-110,37	1011,75	Vyhoví
B31	$2,85e^3$	355	1,0	-107,05	1011,75	Vyhoví
B32	$2,85e^3$	355	1,0	-102,31	1011,75	Vyhoví
B33	$2,85e^3$	355	1,0	-110,64	1011,75	Vyhoví
B34	$2,85e^3$	355	1,0	-109,50	1011,75	Vyhoví
B35	$2,85e^3$	355	1,0	-128,97	1011,75	Vyhoví
B36	$2,85e^3$	355	1,0	97,69	1011,75	Vyhoví

2.4.2.3. Posudek na momentovou únosnost v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 22 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	$W_{pl,y} [m^3]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$M_{Ed} [kN.m]$	$M_{c,Rd} [kN.m]$	Vyhodnocení
B19	$2,21e^{-4}$	355	1,0	64,83	78,45	Vyhoví
B20	$2,21e^{-4}$	355	1,0	42,14	78,45	Vyhoví
B21	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-93,94	78,45	Nevyhoví
B22	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-113,27	78,45	Nevyhoví
B23	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-118,23	78,45	Nevyhoví
B24	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-115,25	78,45	Nevyhoví
B25	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-95,87	78,45	Nevyhoví
B26	$2,42e^{-4}$	355	1,0	43,08	38,45	Vyhoví
B27	$2,21e^{-4}$	355	1,0	63,44	78,45	Vyhoví
B28	$2,21e^{-4}$	355	1,0	64,83	78,45	Vyhoví
B29	$2,42e^{-4}$	355	1,0	42,14	78,45	Vyhoví
B30	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-93,94	78,45	Nevyhoví
B31	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-113,27	78,45	Nevyhoví
B32	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-118,23	78,45	Nevyhoví
B33	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-115,25	78,45	Nevyhoví
B34	$2,21e^{-4}$	355	1,0	-95,87	78,45	Nevyhoví
B35	$2,42e^{-4}$	355	1,0	43,08	78,45	Vyhoví
B36	$2,21e^{-4}$	355	1,0	63,44	78,45	Vyhoví

2.4.2.4. Posudek na smyk v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \text{ [kN]}$$

Tabulka 23 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	A_v [m ²]	f_y [N/mm ²]	γ_{M0}	V_{Ed} [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Vyhodnocení
B19	$1,40e^{-3}$	355	1,0	33,23	287,27	Vyhoví
B20	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-5,39	287,27	Vyhoví
B21	$1,40e^{-3}$	355	1,0	56,71	287,27	Vyhoví
B22	$1,40e^{-3}$	355	1,0	64,60	287,27	Vyhoví
B23	$1,40e^{-3}$	355	1,0	66,67	287,27	Vyhoví
B24	$1,40e^{-3}$	355	1,0	65,43	287,27	Vyhoví
B25	$1,40e^{-3}$	355	1,0	57,38	287,27	Vyhoví
B26	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-4,90	287,27	Vyhoví
B27	$1,40e^{-3}$	355	1,0	63,44	287,27	Vyhoví
B28	$1,40e^{-3}$	355	1,0	33,23	287,27	Vyhoví
B29	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-5,39	287,27	Vyhoví
B30	$1,40e^{-3}$	355	1,0	56,71	287,27	Vyhoví
B31	$1,40e^{-3}$	355	1,0	64,60	287,27	Vyhoví
B32	$1,40e^{-3}$	355	1,0	66,67	287,27	Vyhoví
B33	$1,40e^{-3}$	355	1,0	65,43	287,27	Vyhoví
B34	$1,40e^{-3}$	355	1,0	57,38	287,27	Vyhoví
B35	$1,40e^{-3}$	355	1,0	-4,90	287,27	Vyhoví
B36	$1,40e^{-3}$	355	1,0	63,44	287,27	Vyhoví

2.4.2.5. Posouzení na kroucení v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$$T_{Ed} \leq T_{Rd}$$

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 24 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	f_y [N/mm ²]	$\tau_{t,Ed}$ [MPa]	τ_{Rd} [MPa]	Vyhodnocení
B19	355	3,1	205	Vyhoví
B20	355	4,1	205	Vyhoví
B21	355	2,7	205	Vyhoví
B22	355	3,5	205	Vyhoví
B23	355	0,2	205	Vyhoví
B24	355	1,3	205	Vyhoví
B25	355	2,1	205	Vyhoví
B26	355	4,1	205	Vyhoví
B27	355	3,0	205	Vyhoví
B28	355	3,1	205	Vyhoví
B29	355	4,1	205	Vyhoví
B30	355	2,7	205	Vyhoví
B31	355	3,5	205	Vyhoví
B32	355	0,2	205	Vyhoví
B33	355	1,3	205	Vyhoví
B34	355	2,1	205	Vyhoví
B35	355	4,1	205	Vyhoví
B36	355	3,0	205	Vyhoví

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

2.4.2.6. Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{\beta} \leq 1$$

$$M_{N,y,Rd} = \frac{M_{pl,y,Rd}(1-n)}{(1-0,5a)} \text{ [kN.m]}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}; a - \text{dle zatřídění průřezu}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 25 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	α	$M_{pl,y,Rd}$ [kN.m]	β	$M_{pl,z,Rd}$ [kN.m]	Vyhodnocení
B19	64,83	0,54	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B20	42,14	0,02	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B21	-93,94	-0,76	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B22	-113,27	-0,32	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B23	-118,23	-0,09	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B24	-115,25	0,18	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B25	-95,87	0,70	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B26	43,08	-0,02	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B27	63,44	-0,56	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B28	64,83	-0,54	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B29	42,14	-0,02	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B30	-93,94	0,76	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B31	-113,27	0,32	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B32	-118,23	0,09	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B33	-115,25	-0,18	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B34	-95,87	-0,70	2,0	78,45	1,0	15,83	Nevyhoví
B35	43,08	0,02	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví
B36	63,44	0,56	2,0	78,45	1,0	15,83	Vyhoví

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.33), (6.34) i (6.35) z EN 1993-1-1 z článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y a z-z se zanedbává

2.4.2.7. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} [kN]$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 26 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 2)

Prut	A [mm ²]	f _y [N/mm ²]	γ _{M1}	N _{Ed} [kN]	N _{b,Rd} [kN]	Vyhodnocení
B19	2,85e ³	355	1,0	100,75	–	Vyhoví
B20	2,85e ³	355	1,0	–130,58	251,41	Vyhoví
B21	2,85e ³	355	1,0	–110,37	254,99	Vyhoví
B22	2,85e ³	355	1,0	–107,05	243,36	Vyhoví
B23	2,85e ³	355	1,0	–102,31	233,24	Vyhoví
B24	2,85e ³	355	1,0	–110,64	263,12	Vyhoví
B25	2,85e ³	355	1,0	–109,50	245,23	Vyhoví
B26	2,85e ³	355	1,0	–128,97	215,51	Vyhoví
B27	2,85e ³	355	1,0	97,69	–	Vyhoví
B28	2,85e ³	355	1,0	100,75	–	Vyhoví
B29	2,85e ³	355	1,0	–130,58	214,23	Vyhoví
B30	2,85e ³	355	1,0	–110,37	235,40	Vyhoví
B31	2,85e ³	355	1,0	–107,05	257,19	Vyhoví
B32	2,85e ³	355	1,0	–102,31	250,49	Vyhoví
B33	2,85e ³	355	1,0	–110,64	242,39	Vyhoví
B34	2,85e ³	355	1,0	–109,50	251,63	Vyhoví
B35	4,14e ³	355	1,0	–128,97	250,19	Vyhoví
B36	2,85e ³	355	1,0	97,69	–	Vyhoví

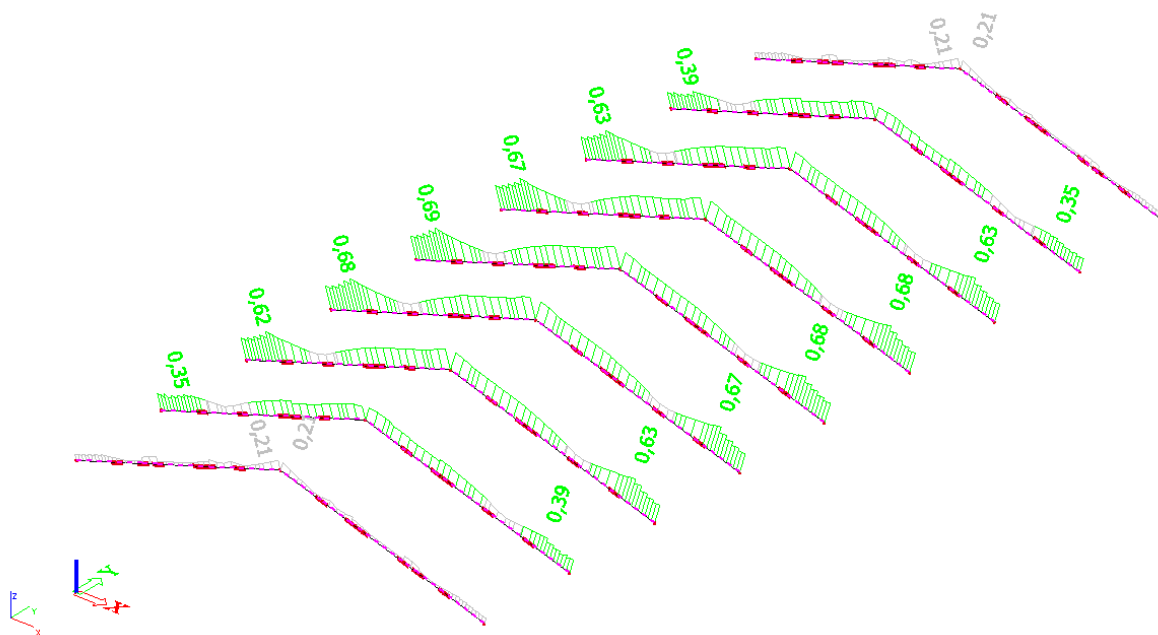
Poznámka: Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

Návrh zesílení

Stejně jako u sloupů, jednotkový posudek u příčlí ve většině případů nevyhověl, je nutné navrhnout stejná zesílení a zvětšení náběhů jako u sloupů (viz. Příloha 9.A). Po těchto úpravách všechny příčle vyhoví jednotkovému posudku.

Tabulka 28 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 2.A)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B19	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/32	7,747	0,21	0,18	0,21
B20	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,35	0,31	0,35
B21	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,62	0,48	0,62
B22	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,68	0,52	0,68
B23	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,69	0,53	0,69
B24	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,67	0,53	0,67
B25	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,63	0,48	0,63
B26	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/6	1,000	0,39	0,31	0,39
B27	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/32	7,747	0,21	0,18	0,21
B28	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/32	7,747	0,21	0,18	0,21
B29	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,39	0,31	0,39
B30	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,63	0,48	0,63
B31	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,67	0,52	0,67
B32	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,68	0,53	0,68
B33	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,68	0,53	0,68
B34	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,63	0,48	0,63
B35	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/33	1,000	0,35	0,31	0,35
B36	Příčel – I + Iw prom	S355	CO1/32	7,747	0,21	0,18	0,21



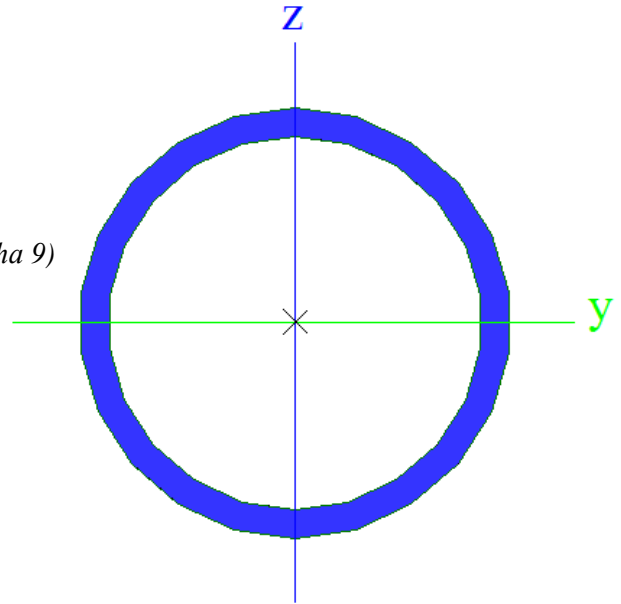
Obrázek 24 – Grafický výstup jednotkového posudku příčlí po optimalizaci (zdroj: Příloha 2.A)

2.4.3. Posudek podélných ztužidel

2.4.3.1. Identifikace průřezu

Tabulka 29 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 9)

Materiál	S235
f_y	235
f_u	360
ε	1
γ_{M0}	1,0
γ_{M1}	1,0



Tabulka 30 – Rozměry prvku (zdroj: Příloha 9)

Rozměry prvku	Značka	[mm]
Kód tvaru	3	-
Průměr	d	48
Tloušťka	w	3,2

Obrázek 25 – Profil CFCHS48.3x3.2 (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 31 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 9)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer 15.2		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$4,53e^{-4}$
I_y	m^4	$1,159e^{-7}$
I_z	m^4	$1,159e^{-7}$
i_y	mm	16
i_z	mm	16
$w_{el,y}$	m^3	$4,80e^{-6}$
$w_{el,z}$	m^3	$4,80e^{-6}$
$w_{pl,y}$	m^3	$6,52e^{-6}$
$w_{pl,z}$	m^3	$6,52e^{-6}$

Tabulka 32 – Hodnoty vybraných maximálních globálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 6)

Hodnoty vybraných maximálních globálních vnitřních sil z programu Scia Engineer 15.2						
Prut	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [MPa]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
B139	-35,81	0,07	0,14	0,01	-0,15	-0,14
B100	33,01	-0,04	0,06	-0,05	0,01	0,10
B302	8,29	-0,27	-0,47	0,01	0,59	0,37
B306	8,29	0,27	-0,47	-0,01	0,59	-0,37
B303	3,30	-0,02	-0,68	0,04	-0,78	-0,04
B305	-0,82	-0,02	0,74	0,06	-0,85	0,02
B308	1,14	0,12	-0,55	-0,14	0,70	-0,15
B304	1,14	-0,12	-0,55	0,14	0,70	0,15

2.4.3.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} [kN]$$

Tabulka 33 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 6)

Prut	$A [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{c,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B139	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-35,81	106,46	Vyhoví
B100	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-12,95	106,46	Vyhoví
B302	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-6,07	106,46	Vyhoví
B306	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-6,07	106,46	Vyhoví
B303	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-1,82	106,46	Vyhoví
B305	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-1,34	106,46	Vyhoví
B308	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-3,68	106,46	Vyhoví
B304	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-3,68	106,46	Vyhoví

2.4.3.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} [kN]$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 34 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 6)

Prut	$A [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M1}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{b,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B139	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-35,81	7,08	Nevyhoví
B100	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-12,95	6,51	Nevyhoví
B302	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-6,07	17,92	Vyhoví
B306	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-6,07	17,83	Vyhoví
B303	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-1,82	18,03	Vyhoví
B305	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-1,34	18,00	Vyhoví
B308	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-3,68	17,91	Vyhoví
B304	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-3,68	17,96	Vyhoví

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

2.4.3.4. Tabulkový výstup jednotkového posudku vybraných prvků dle SCIA Engineer

15.2

Tabulka 35 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 6)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B139	Podélné ztužení	S235	CO1/4	0,000	5,58	0,34	5,58
B100	Podélné ztužení	S235	CO1/21	0,000	2,17	0,12	2,17
B302	Podélné ztužení	S235	CO1/21	0,000	0,93	0,46	0,93
B306	Podélné ztužení	S235	CO1/27	0,000	0,93	0,46	0,93
B303	Podélné ztužení	S235	CO1/27	0,000	0,60	0,47	0,60
B305	Podélné ztužení	S235	CO1/23	0,000	0,60	0,54	0,60
B308	Podélné ztužení	S235	CO1/28	0,000	0,77	0,52	0,77
B304	Podélné ztužení	S235	CO1/23	0,000	0,77	0,52	0,77

Návrh zesílení

V některých případech podélná ztužidla nevyhoví jednotkovému posudku. Jedná se především o podélná ztužidla ve střešní části. Navrhují zvětšení profilu (viz. Příloha 9.A). Následná úprava profilu splní podmínku jednotkového posudku.

Tabulka 36 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 6.A)

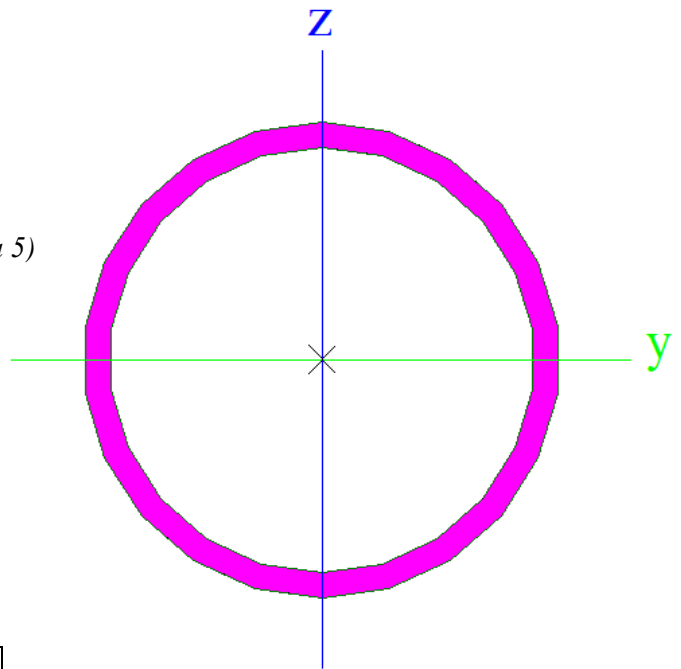
Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B139	Podélné ztužení	S235	CO1/13	0,000	0,79	0,08	0,79
B100	Podélné ztužení	S235	CO1/10	1,071	0,36	0,04	0,36
B302	Podélné ztužení	S235	CO1/41	2,425	0,22	0,12	0,22
B306	Podélné ztužení	S235	CO1/43	2,425	0,22	0,12	0,22
B303	Podélné ztužení	S235	CO1/27	2,425	0,16	0,13	0,16
B305	Podélné ztužení	S235	CO1/14	0,000	0,15	0,15	0,15
B308	Podélné ztužení	S235	CO1/44	2,425	0,19	0,11	0,19
B304	Podélné ztužení	S235	CO1/42	0,000	0,19	0,11	0,19

2.4.4. Posudek táhel

2.4.4.1. Identifikace průřezu

Tabulka 37 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 5)

Materiál	S235
f_y	235
f_u	360
ε	1
γ_{M0}	1,00
γ_{M1}	1,00



Obrázek 26 – Profil CFCHS60.3x3.2 (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 38 – Rozměry prvku (zdroj: Příloha 9)

Rozměry prvku	Značka	[mm]
Kód tvaru	3	-
Průměr	d	60,3
Tloušťka	w	3,2

Tabulka 39 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 9)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer 15.2		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$5,74e^{-4}$
I_y	m^4	$2,347e^{-7}$
I_z	m^4	$2,347e^{-7}$
i_y	mm	20
i_z	mm	20
$w_{el,y}$	m^3	$7,78e^{-6}$
$w_{el,z}$	m^3	$7,78e^{-6}$
$w_{pl,y}$	m^3	$1,044e^{-5}$
$w_{pl,z}$	m^3	$1,044e^{-5}$

Tabulka 40 – Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 5)

Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil z programu SCIA Engineer 15.2						
Prut	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [MPa]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
B61	-32,33	-0,02	-0,29	-0,04	-0,52	-0,08
B62	65,83	0,00	-0,29	0,00	-0,52	0,04
B63	110,91	0,00	-0,29	0,01	-0,53	0,02
B64	121,24	0,00	-0,30	0,00	-0,53	0,02
B65	113,88	0,00	-0,30	0,00	-0,53	-0,02
B66	69,54	0,00	-0,29	0,00	-0,52	-0,04
B67	-29,18	-0,02	-0,29	-0,04	-0,52	-0,08

2.4.4.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} [kN]$$

Tabulka 41 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 5)

Prvek		$A [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{c,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B61		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-32,33	134,89	Vyhoví
B62		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-12,67	134,89	Vyhoví
B63		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-24,91	134,89	Vyhoví
B64		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-27,80	134,89	Vyhoví
B65		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-25,89	134,89	Vyhoví
B66		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-13,18	134,89	Vyhoví
B67		$5,74e^{-4}$	235	1,0	-29,18	134,89	Vyhoví

2.4.4.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} [kN]$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 42 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 5)

Prvek	$A [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M1}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{b,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B61	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-32,33	5,19	Nevyhoví
B62	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-12,67	5,42	Nevyhoví
B63	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-24,91	6,00	Nevyhoví
B64	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-27,80	6,30	Nevyhoví
B65	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-25,89	6,08	Nevyhoví
B66	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-13,18	5,54	Nevyhoví
B67	$4,53e^{-4}$	235	1,0	-29,18	5,36	Nevyhoví

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

2.4.4.4. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2

Tabulka 43 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 5)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B61	Táhlo	S235	CO1/1	0,000	6,74	0,24	6,74
B62	Táhlo	S235	CO1/5	0,000	2,72	0,15	2,72
B63	Táhlo	S235	CO1/6	0,000	4,79	0,18	4,79
B64	Táhlo	S235	CO1/5	0,000	5,08	0,21	5,08
B65	Táhlo	S235	CO1/6	0,000	4,91	0,19	4,91
B66	Táhlo	S235	CO1/5	0,000	2,78	0,15	2,78
B67	Táhlo	S235	CO1/1	0,000	5,92	0,22	5,92

Návrh zesílení

Ve všech případech táhla nevyhoví jednotkovému posudku. Navrhuji zvětšení profilu (viz. Příloha 9.A). Následná úprava profilu splní podmínku jednotkového posudku.

Tabulka 44 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 5.A)

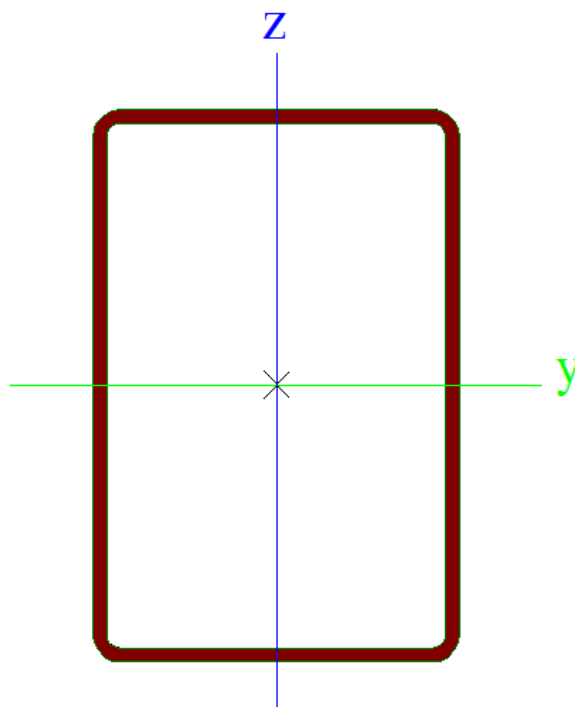
Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B61	Táhlo	S235	CO1/7	0,000	0,33	0,07	0,33
B62	Táhlo	S235	CO1/8	0,000	0,69	0,07	0,69
B63	Táhlo	S235	CO1/8	0,000	0,81	0,09	0,81
B64	Táhlo	S235	CO1/9	0,000	0,80	0,09	0,80
B65	Táhlo	S235	CO1/8	0,000	0,79	0,09	0,79
B66	Táhlo	S235	CO1/8	0,000	0,67	0,07	0,67
B67	Táhlo	S235	CO1/7	0,000	0,33	0,07	0,33

2.4.5. Posudek čelních sloupků

2.4.5.1. Identifikace průřezu

Tabulka 45 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 7)

Materiál	S235
f_y	235
f_u	360
ε	1
γ_{M0}	1,00
γ_{M1}	1,00



Obrázek 27 – Profil VPH120/80x3.0 (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 46 – Rozměry prvků (zdroj: Příloha 9)

Rozměry prvku	Značka	[mm]
Kód tvaru	2	-
Výška	h	120
Šířka	b	80
Tloušťka	s	3
Vnější poloměr	r	6
Vnitřní poloměr	$r1$	3

Tabulka 47 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 9)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer 15.2		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$1,14e^{-3}$
I_y	m^4	$2,30e^{-6}$
I_z	m^4	$1,23e^{-6}$
i_y	mm	45
i_z	mm	33
$w_{el,y}$	m^3	$3,84e^{-5}$
$w_{el,z}$	m^3	$3,09e^{-5}$
$w_{pl,y}$	m^3	$4,625e^{-5}$
$w_{pl,z}$	m^3	$3,4958e^{-5}$

Tabulka 48 – Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 7)

Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil z programu SCIA Engineer 15.2						
Prut	N	V_y	V_z	T	M_y	M_z
B280	40,70	-19,74	-15,22	-1,57	15,56	-11,17
B281	-84,47	-8,51	-21,01	0,74	23,56	-8,66
B282	-84,47	8,51	21,01	-0,74	23,56	8,66
B283	40,70	19,74	15,22	1,57	15,56	11,17
B287	-83,18	8,34	21,00	0,74	-23,54	8,48
B288	41,61	19,42	15,21	-1,57	-15,53	11,03
B291	-83,18	-8,34	21,00	-0,74	-23,54	-8,48
B293	41,61	-19,42	15,21	1,58	-15,53	-11,03

2.4.5.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \text{ [kN]}$$

Tabulka 49 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

Prut	A [m ²]	f _y [N/mm ²]	γ _{M0}	N _{Ed} [kN]	N _{c,Rd} [kN]	Vyhodnocení
B280	1,14e ³	235	1,0	-37,48	267,90	Vyhoví
B281	1,14e ³	235	1,0	-70,30	267,90	Vyhoví
B282	1,14e ³	235	1,0	-70,30	267,90	Vyhoví
B283	1,14e ³	235	1,0	-37,48	267,90	Vyhoví
B287	1,14e ³	235	1,0	-69,05	267,90	Vyhoví
B288	1,14e ³	235	1,0	-38,63	267,90	Vyhoví
B291	1,14e ³	235	1,0	-69,05	267,90	Vyhoví
B293	1,14e ³	235	1,0	-38,63	267,90	Vyhoví

2.4.5.3. Posudek na momentovou únosnost v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} [kN.m]$$

Tabulka 50 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

Prut	$W_{pl,y} [m^3]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$M_{Ed} [kN.m]$	$M_{c,Rd} [kN.m]$	Vyhodnocení
B280	$4,625e^{-5}$	235	1,0	15,55	10,87	Nevyhoví
B281	$4,625e^{-5}$	235	1,0	6,58	10,87	Vyhoví
B282	$4,625e^{-5}$	235	1,0	6,58	10,87	Vyhoví
B283	$4,625e^{-5}$	235	1,0	15,55	10,87	Nevyhoví
B287	$4,625e^{-5}$	235	1,0	-6,55	10,87	Vyhoví
B288	$4,625e^{-5}$	235	1,0	-15,53	10,87	Nevyhoví
B291	$4,625e^{-5}$	235	1,0	-6,55	10,87	Vyhoví
B293	$4,625e^{-5}$	235	1,0	-15,53	10,87	Nevyhoví

2.4.5.4. Posudek na smyk v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} [kN]$$

Tabulka 51 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

Prut	$A_v [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$V_{Ed} [kN]$	$V_{c,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B280	$6,84e^{-4}$	235	1,0	-15,21	92,80	Vyhoví
B281	$6,84e^{-4}$	235	1,0	-0,93	287,27	Vyhoví
B282	$6,84e^{-4}$	235	1,0	-0,93	287,27	Vyhoví
B283	$6,84e^{-4}$	235	1,0	-15,21	287,27	Vyhoví
B287	$6,84e^{-4}$	235	1,0	0,92	287,27	Vyhoví
B288	$6,84e^{-4}$	235	1,0	15,21	287,27	Vyhoví
B291	$6,84e^{-4}$	235	1,0	0,92	287,27	Vyhoví
B293	$6,84e^{-4}$	235	1,0	15,21	287,27	Vyhoví

2.4.5.5. Posudek na kroucení v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$$T_{Ed} \leq T_{Rd}$$

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 52 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

Prut	f_y [N/mm ²]	$\tau_{t,Ed}$ [MPa]	τ_{Rd} [MPa]	Vyhodnocení
B280	235	16,3	135,7	Vyhoví
B281	235	3,3	135,7	Vyhoví
B282	235	3,3	135,7	Vyhoví
B283	235	16,3	135,7	Vyhoví
B287	235	3,4	135,7	Vyhoví
B288	235	16,3	135,7	Vyhoví
B291	235	3,4	135,7	Vyhoví
B293	235	16,3	135,7	Vyhoví

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

2.4.5.6. Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{\beta} \leq 1$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \text{ [kN.m]}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ [kN.m]}$$

Tabulka 53 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

Prut	$M_{y,Ed}$ [kN.m]	$M_{z,Ed}$ [kN.m]	α	$M_{pl,y,Rd}$ [kN.m]	β	$M_{pl,z,Rd}$ [kN.m]	Vyhodnocení
B280	15,55	-3,99	1,7	10,87	1,7	8,22	Nevyhoví
B281	6,58	5,49	1,8	10,87	1,8	8,22	Vyhoví
B282	6,58	-5,49	1,8	10,87	1,8	8,22	Vyhoví
B283	15,55	3,99	1,7	10,87	1,7	8,22	Nevyhoví
B287	-6,55	-5,38	1,79	10,87	1,79	7,47	Vyhoví
B288	-15,53	4,13	1,7	10,87	1,7	8,22	Nevyhoví
B291	-6,55	5,38	1,79	10,87	1,79	7,47	Vyhoví
B293	-15,53	-4,13	1,7	10,87	1,7	8,22	Nevyhoví

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

2.4.5.7. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \text{ [kN]}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 54 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 7)

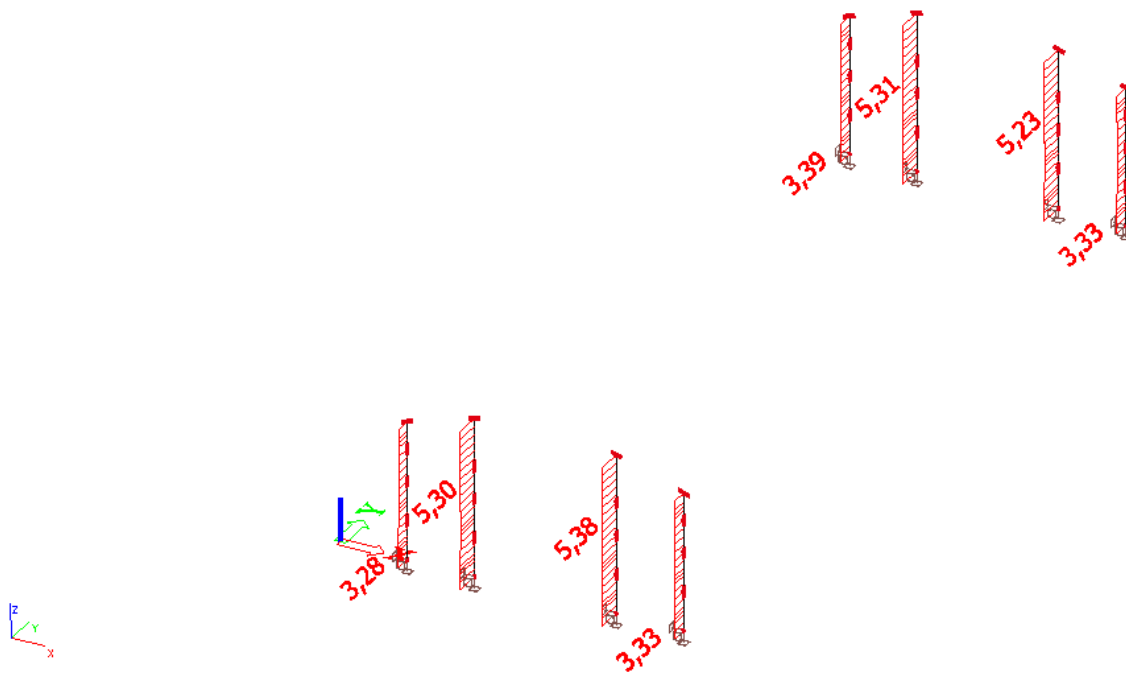
Prut	$A \text{ [m}^2\text{]}$	$f_y \text{ [N/mm}^2\text{]}$	γ_{M1}	$N_{Ed} \text{ [kN]}$	$N_{b,Rd} \text{ [kN]}$	Vyhodnocení
B280	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-37,48	42,27	Vyhoví
B281	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-70,30	39,15	Nevyhoví
B282	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-70,30	35,39	Nevyhoví
B283	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-37,48	41,01	Vyhoví
B287	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-69,05	36,23	Nevyhoví
B288	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-38,63	42,44	Vyhoví
B291	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-69,05	35,46	Nevyhoví
B293	$1,14e^{-3}$	235	1,0	-38,63	41,18	Vyhoví

Poznámka: Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

2.4.5.8. Tabulkový výstup jednotkového posudku dle SCIA Engineer 15.2

Tabulka 55 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 7)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B280	Čelní sloupky	S235	CO1/15	0,000	3,28	2,13	3,28
B281	Čelní sloupky	S235	CO1/7	4,000	5,30	1,00	5,30
B282	Čelní sloupky	S235	CO1/7	4,000	5,39	1,00	5,39
B283	Čelní sloupky	S235	CO1/16	0,000	3,33	2,13	3,33
B287	Čelní sloupky	S235	CO1/8	4,000	5,23	0,96	5,23
B288	Čelní sloupky	S235	CO1/16	0,000	3,33	2,15	3,33
B291	Čelní sloupky	S235	CO1/8	4,000	5,31	0,96	5,31
B293	Čelní sloupky	S235	CO1/15	0,000	3,39	2,15	3,39



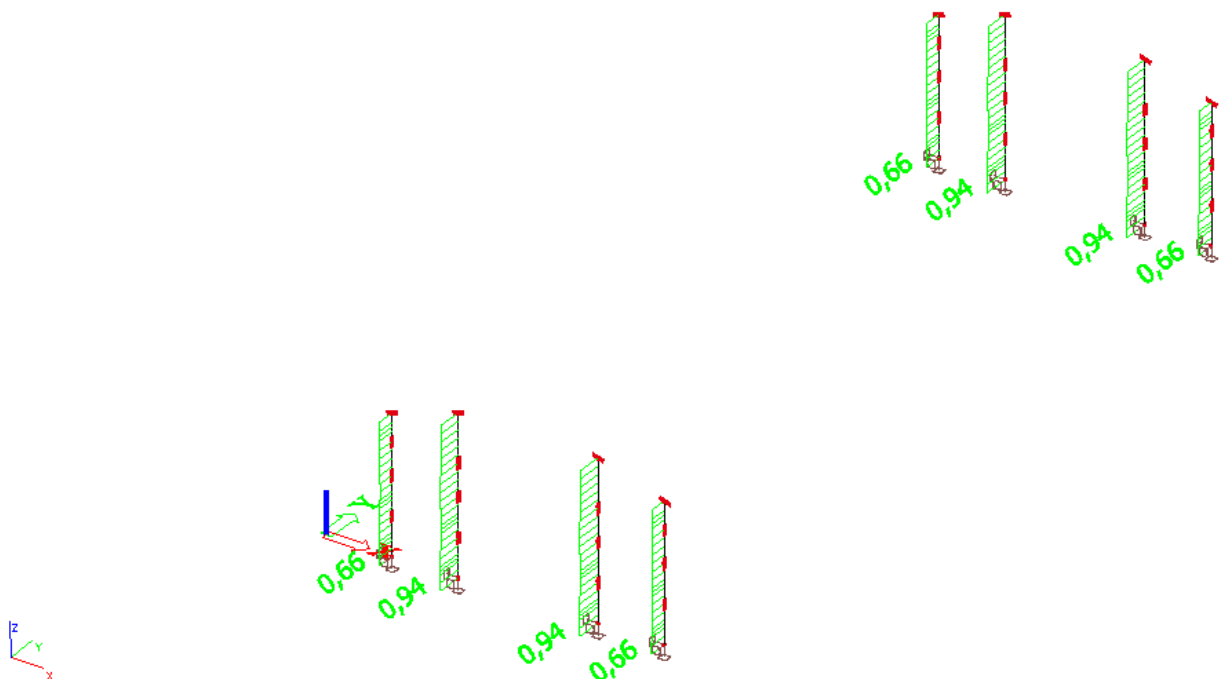
Obrázek 28 – Grafický výstup jednotkového posudku čelních sloupků (zdroj: Příloha 11)

Návrh zesílení

Ve všech případech čelní sloupky nevyhoví jednotkovému posudku. Navrhují zesílení (viz. Příloha 9.A). Po této úpravě čelní sloupky splňují jednotkový posudek.

Tabulka 56 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 7.A)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B280	Čelní sloupky	S235	CO1/1	0,000	0,66	0,40	0,66
B281	Čelní sloupky	S235	CO1/2	0,000	0,94	0,60	0,94
B282	Čelní sloupky	S235	CO1/3	0,000	0,94	0,60	0,94
B283	Čelní sloupky	S235	CO1/4	0,000	0,66	0,40	0,66
B287	Čelní sloupky	S235	CO1/3	0,000	0,94	0,60	0,94
B288	Čelní sloupky	S235	CO1/4	0,000	0,66	0,40	0,66
B291	Čelní sloupky	S235	CO1/2	0,000	0,94	0,60	0,94
B293	Čelní sloupky	S235	CO1/1	0,000	0,66	0,40	0,66



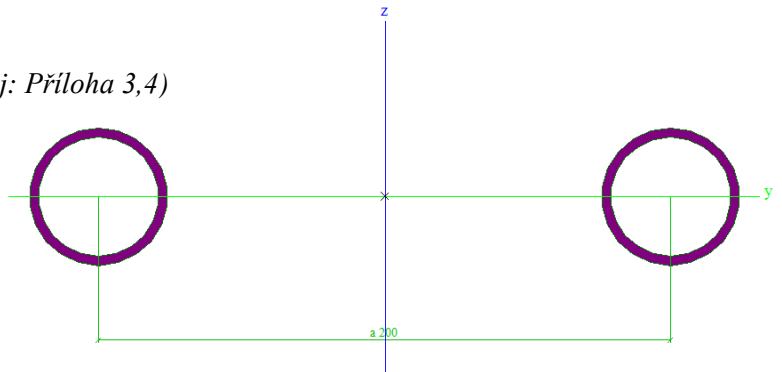
Obrázek 29 – Grafický výstup jednotkového posudku čelních sloupků po optimalizaci (zdroj: Příloha 11.A)

2.4.6. Posudek okapové hrany, hřebenu

2.4.6.1. Identifikace průřezu

Tabulka 57 – Identifikace materiálu (zdroj: Příloha 3,4)

Materiál	S235
f_y	235
f_u	360
ε	1
γ_{M0}	1,00
γ_{M1}	1,00



Obrázek 30 – Profil 2x CFCHS48.3x3.2, 200 (zdroj: Příloha 9)

Tabulka 58 – Rozměry prvku (zdroj: Příloha 9)

Rozměry prvku	Značka	[mm]
Kód tvaru	3	-
Průměr	d	60,3
Tloušťka	w	3,2

Tabulka 59 – Průřezové charakteristiky (zdroj: Příloha 3,4)

Průřezové charakteristiky – hodnoty z programu SCIA Engineer 15.2		
Značka	Jednotka	Hodnota
A	m^2	$9,066e^{-4}$
I_y	m^4	$2,316e^{-7}$
I_z	m^4	$9,298e^{-6}$
i_y	mm	16
i_z	mm	101
$w_{el,y}$	m^3	$9,59e^{-6}$
$w_{el,z}$	m^3	$7,49e^{-6}$
$w_{pl,y}$	m^3	$1,30e^{-5}$
$w_{pl,z}$	m^3	$9,07e^{-5}$

Tabulka 60 – Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil (zdroj: Příloha 3,4)

Hodnoty maximálních globálních vnitřních sil z programu SCIA Engineer 15.2						
Prut	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	T [MPa]	M_y [kN.m]	M_z [kN.m]
B41	80,01	-0,36	0,15	0,00	-0,09	-1,36
B42	93,32	-0,49	-0,17	0,00	-0,13	-2,23
B49	80,01	0,36	0,15	0,00	-0,09	1,36
B50	93,32	0,49	-0,17	0,00	-0,13	2,23
B54	-116,31	3,95	-0,08	0,00	0,15	7,97
B58	-119,24	1,27	0,06	0,00	0,11	6,90
B59	-116,91	-3,77	-0,08	0,00	-0,15	-4,76

2.4.6.2. Posudek na tlak/tah v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.2.4. rovnice (6.9)

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} [kN]$$

Tabulka 61 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 3,4)

Prut	$A [m^2]$	$f_y [N/mm^2]$	γ_{M0}	$N_{Ed} [kN]$	$N_{c,Rd} [kN]$	Vyhodnocení
B41	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-32,89	213,05	Vyhoví
B42	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-34,10	213,05	Vyhoví
B49	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-32,89	213,05	Vyhoví
B50	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-34,10	213,05	Vyhoví
B54	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-116,85	213,05	Vyhoví
B58	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-119,24	213,05	Vyhoví
B59	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-116,91	213,05	Vyhoví

2.4.6.3. Posudek rovinného vzpěru v kritickém místě

Posudek ČSN EN 1993-1-1 dle článku 6.3.1.1 rovnice (6.46)

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} \text{ [kN]}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_l(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right) \sqrt{\beta_a}$$

$$L_{cr} = \beta h$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Tabulka 62 – Výpočtová data (zdroj: Příloha 3,4)

Prut	$A \text{ [m}^2\text{]}$	$f_y \text{ [N/mm}^2\text{]}$	γ_{M1}	$N_{Ed} \text{ [kN]}$	$N_{b,Rd} \text{ [kN]}$	Vyhodnocení
B41	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-32,89	25,57	Nevyhoví
B42	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-34,10	22,98	Nevyhoví
B49	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-32,89	23,67	Nevyhoví
B50	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-34,10	21,24	Nevyhoví
B54	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-116,85	23,59	Nevyhoví
B58	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-119,24	22,85	Nevyhoví
B59	$9,07e^{-4}$	235	1,0	-116,91	23,99	Nevyhoví

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

2.4.6.4. Tabulkový výstup vybraných jednotkových posudků dle SCIA Engineer 15.2

Tabulka 63 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 3 a 4)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B41	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/21	3,750	2,98	0,22	2,98
B42	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/21	0,000	3,22	0,23	3,22
B49	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/24	3,750	2,98	0,22	2,98
B50	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/24	0,000	3,22	0,23	3,22
B54	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/3	0,000	999,00	0,65	999,00
B58	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/4	3,750	11,19	0,95	11,19
B59	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/1	0,000	999,00	0,47	999,00

Návrh zesílení

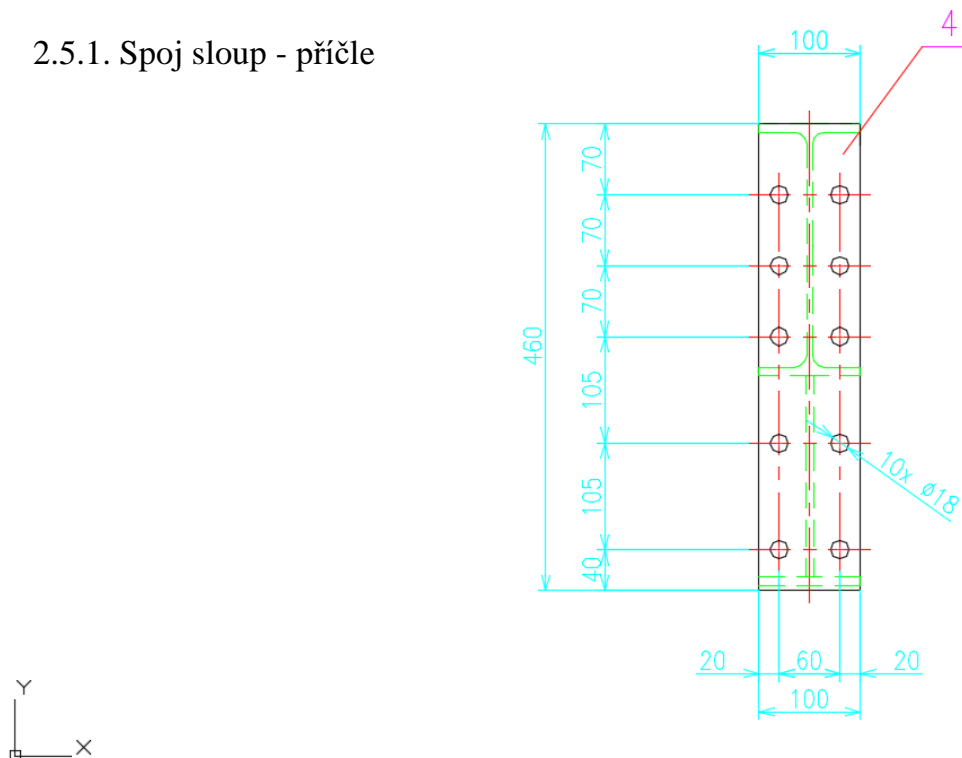
Jednotkové posudky opět nevyhoví. Z výsledků lze usoudit, že průřez v hřebenu bude nutno zesílit více, než průřez v místech okapové hrany. Návrhy na zesílení (viz. Příloha 9.A)

Tabulka 64 – Jednotkový posudek (zdroj: Příloha 3.A a 4.A)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B41	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/34	3,750	0,59	0,05	0,59
B42	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/34	3,750	0,71	0,06	0,71
B49	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/36	3,750	0,59	0,05	0,59
B50	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/36	3,750	0,71	0,06	0,71
B54	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/32	3,750	0,88	0,28	0,88
B58	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/32	3,750	0,90	0,27	0,90
B59	Okap.hrana/hřeben	S235	CO1/32	0,000	0,89	0,28	0,89

2.5. Posouzení spojů dle ČSN EN 1993-1-8

2.5.1. Spoj sloup - příčle

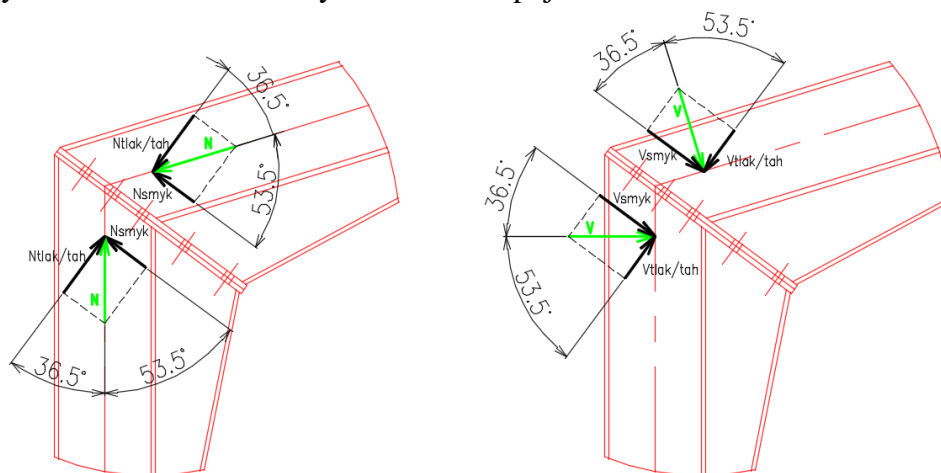


Obrázek 31 – Detail čelní desky spoje sloup-příčle (zdroj: Příloha 14)

Spoje jsou posuzovány jako kategorie A – Spoje namáhané ve stříhu, otláčení a tahem. Výpočtová únosnost šroubu ve stříhu se uvažuje pro jednu stříhovou rovinu, kdy rovina stříhu prochází závitem šroubu pro pevnostní třídu 5.6. Spoje jsou realizovány pomocí šroubů M16.

$\gamma_{M2} = 1,25$ dílčí součinitel spolehlivosti šroubového spoje dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 2.1

Uvažovaný rozklad vnitřních sil pro výpočet $F_{v,Ed}$. V tomto případě se $F_{v,Ed}$ uvažuje jako součet jednotlivých složek sil rovnoběžných s rovinou spoje.



Obrázek 32 – Grafické znázornění uvažovaného rozkladu vnitřních sil (zdroj: Příloha 13)

$$F_{v,Ed} = 73,5 \text{ kN} \quad (\text{viz. Příloha 12})$$

Únosnost ve stříhu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 10 \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 10 \frac{0,6 * 500 * 157}{1,25} = 376800 \text{ N} = 376,8 \text{ kN}$$

$$73,5 \leq 376,8 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v otláčení

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

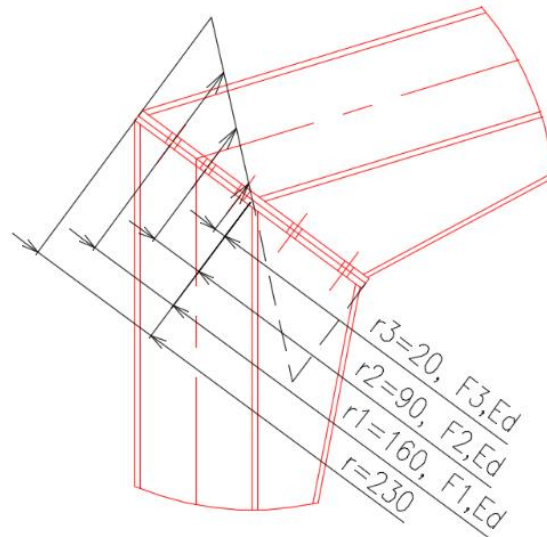
$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{ud} t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,41 * 0,74 * 360 * 18 * 10}{1,25} = 54090 \text{ N} = 54,09 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{40}{54} \\ \frac{70}{54} - \frac{1}{4} \\ \frac{500}{360} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,74 \\ 1,05 \\ 1,39 \\ 1 \end{array} \right\} = \min = 0,74$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{20}{18} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{60}{18} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,41 \\ 2,97 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min = 1,41$$

$$73,5 \leq 54,09 \text{ nevyhoví}$$

$$F_{t,Rd} > F_{1,Ed}$$



Obrázek 33 – Grafické znázornění uvažovaných tahových sil od momentu (zdroj: Příloha 13)

$$r_1 = 160 \text{ mm}$$

$$r_2 = 90 \text{ mm}$$

$$r_3 = 20 \text{ mm}$$

$$F_{1,Ed} = \frac{M_{Ed} * r_1}{\sum r_i^2} = \frac{172340 * 160}{\sum 2 * (20^2 + 90^2 + 160^2)} = \frac{27574400}{68200} = 404,32 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů v tahu

$$F_{t,Rd} = 2 * \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 2 * \frac{0,9 * 500 * 157}{1,25} = 113040 \text{ N} = 113,04 \text{ kN}$$

$$113,04 > 404,32 \text{ nevyhoví}$$

Kombinace stříhu a tahu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{73,5}{376,8} + \frac{404,32}{158,26} \leq 1$$

$$0,195 + 2,555 \leq 1$$

$$2,75 \leq 1 \text{ nevyhoví}$$

Úprava

Posouzení spoje jednotkovým posudkem je nevyhovující. Navrhuji tedy úpravu roztečí $e_1 = 60 \text{ mm}$ a $e_2 = 25 \text{ mm}$, která má za následek změnu minimálních hodnot koeficientů α_b a k_1 . Dále navrhuji zvětšení tloušťky čelní stykové desky na 20 mm a úpravu šroubů na M24 pevnostní třídy 10.9, $d_0 = 26 \text{ mm}$.

Únosnost ve stříhu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 10 \frac{0,6f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = 10 \frac{0,6 * 1000 * 353}{1,25} = 1694400 \text{ N} = 1694,4 \text{ kN}$$

$$73,5 \leq 1694,4 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v otláčení

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1\alpha_b f_u dt}{\gamma_{M2}} = \frac{0,99 * 0,65 * 360 * 26 * 20}{1,25} = 96370,56 \text{ N} = 96,37 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{60}{78}}{\frac{70}{78} - \frac{1}{4}}, \frac{500}{360}, 1 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,77 \\ 0,65 \\ 1,39 \\ 1 \end{matrix} \right\} = \min = 0,65$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{matrix} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 2,8 * \frac{25}{26} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{50}{26} - 1,7 \\ 2,5 \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,99 \\ 0,99 \\ 2,5 \end{matrix} \right\} = \min = 0,99$$

$$73,5 \leq 96,37 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v tahu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{t,Rd} > F_{1,Ed}$$

$$F_{t,Rd} = 2 * \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 2 * \frac{0,9 * 1000 * 353}{1,25} = 508320 \text{ N} = 508,32 \text{ kN}$$

$$508,32 > 404,32 \text{ vyhoví}$$

Kombinace stříhu a tahu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$$

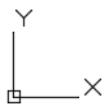
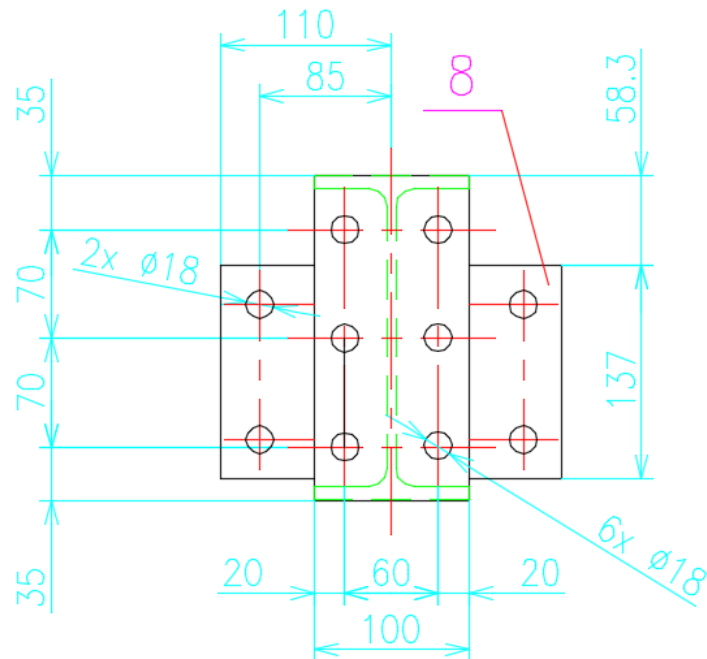
$$\frac{73,5}{1694,4} + \frac{404,32}{711,648} \leq 1$$

$$0,043 + 0,568 \leq 1$$

$$0,611 \leq 1 \text{ vyhoví}$$

2.5.2. Spoj příčle – příčle

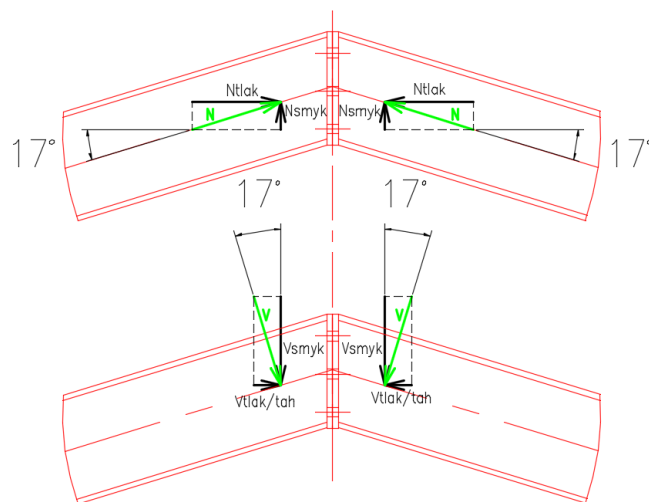
B (M1:5)



Obrázek 34 – Detail čelní desky spoje příčle - příčle (zdroj: Příloha 14)

Spoj příčlí je posuzován stejně jako spoj sloup-příčle a je taktéž realizován šrouby M16.

$\gamma_{M2} = 1,25$ dílčí součinitel spolehlivosti šroubového spoje dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 2.1



Obrázek 35 – Grafické znázornění uvažovaného rozkladu vnitřních sil (zdroj: Příloha 13)

$$F_{v,Ed} = 79,85 \text{ kN} \quad (\text{viz. Příloha 12})$$

Únosnost ve střihu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 6 \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 6 \frac{0,6 * 500 * 157}{1,25} = 226080 \text{ N} = 226,08 \text{ kN}$$

$$79,85 \leq 226,08 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v otláčení

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{b,Sd} \leq F_{b,Rd}$$

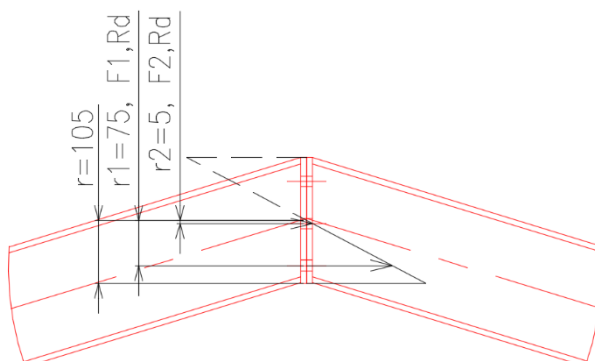
$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,41 * 0,65 * 360 * 18 * 10}{1,25} = 47511,36 \text{ N} = 47,51 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{35}{54} \\ \frac{70}{54} - \frac{1}{4} \\ \frac{500}{360} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,65 \\ 1,05 \\ 1,39 \\ 1 \end{array} \right\} = \min = 0,65$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{20}{18} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{60}{18} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,41 \\ 2,97 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min = 1,41$$

$$79,85 \leq 47,51 \text{ nevyhoví}$$

$$F_{t,Rd} > F_{1,Ed}$$



Obrázek 36 – Grafické znázornění uvažovaných tahových sil od momentu (zdroj: Příloha 13)

$$r_1 = 75 \text{ mm}$$

$$r_2 = 5 \text{ mm}$$

$$F_{1,Ed} = \frac{M_{Ed} * r_1}{\sum r_i^2} = \frac{27330 * 75}{\sum 2 * (5^2 + 75^2)} = \frac{2049750}{11250} = 182,2 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů v tahu

$$F_{t,Rd} = 2 * \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 2 * \frac{0,9 * 500 * 157}{1,25} = 113040 \text{ N} = 113,04 \text{ kN}$$

$$113,04 > 182,2 \text{ nevyhoví}$$

Kombinace stříhu a tahu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{79,85}{226,08} + \frac{182,2}{158,26} \leq 1$$

$$0,353 + 1,151 \leq 1$$

$$1,504 \leq 1 \text{ nevyhoví}$$

Aby spoj vyhověl požadavkům normy, navrhuji provést úpravu roztečí $e_1 = 40 \text{ mm}$ a $e_2 = 25 \text{ mm}$, která změní minimální hodnoty koeficientů α_b a k_1 . A zvýšení pevnostní třídy šroubů v místě spoje na M16 10.9.

Únosnost ve střihu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 6 \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 6 \frac{0,6 * 1000 * 157}{1,25} = 452160 \text{ N} = 452,16 \text{ kN}$$

$$79,85 \leq 452,16 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v otláčení

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 * 0,74 * 360 * 18 * 10}{1,25} = 84011,9 \text{ N} = 84,01 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{40}{54} \\ \frac{65}{54} - \frac{1}{4} \\ \frac{500}{360} \\ 1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,74 \\ 1,05 \\ 1,39 \\ 1 \end{array} \right\} = \min = 0,74$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{25}{18} - 1,7 \\ 1,4 * \frac{50}{18} - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,19 \\ 2,19 \\ 2,5 \end{array} \right\} = \min = 2,19$$

$$79,85 \leq 84,01 \text{ vyhoví}$$

Únosnost v tahu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$F_{t,Rd} > F_{3,Ed}$$

$$F_{t,Rd} = 2 * \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 2 * \frac{0,9 * 1000 * 157}{1,25} = 226080 \text{ N} = 226,08 \text{ kN}$$

$$226,08 > 182,2 \text{ vyhoví}$$

Kombinace střihu a tahu

dle ČSN EN 1993-1-8, Tab. 3.4

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{79,85}{452,16} + \frac{182,2}{316,51} \leq 1$$

$$0,177 + 0,576 \leq 1$$

$$0,753 \leq 1 \text{ vyhoví}$$

3. Hodnocení

Cílem této práce bylo stručné seznámení s plnostěnnou ocelovou mobilní halovou konstrukcí. Vytvořit model haly, zatížit ho reálným zatížením, staticky posoudit hlavní nosné prvky a optimalizovat je.

Výpočtový model byl vytvořen na základě výkresové části výrobní dokumentace a stručného reportu od statika z programu SCIA Engineer. Díky rozsáhlým možnostem tohoto softwaru a stále se aktualizujícím knihovnám lze poměrně jednoduše a rychle vymodelovat požadovanou konstrukci. Nezbytným krokem bylo nadefinovat zatěžovací panely, které určí, do jakých ploch se bude zatížení rozkládat a na jaké nosné prvky se bude přenášet. Posledním důležitým krokem bylo definování vzpěrných délek. SCIA Engineer 15.2 sice dokáže automaticky nastavit vzpěrné délky, ale ne ve všech případech je dokáže určit správně. Bylo nutné je tedy všechny zkontrolovat a nevyhovující přenastavit.

Vzorová hala, která sloužila jako podklad pro tento statický posudek, byla navržena pro skladovací účely v oblasti s mírnými klimatickými podmínkami vzhledem k našemu území. Zkoumaná hala byla posuzována rozdílně oproti vzorové. Nejzásadnější změnou byla změna uvažované klimatické oblasti, ve které by se posuzovaná hala nacházela. Uvažovaná 4. větrná oblast a 3. sněhová oblast ovlivnila účinky vnitřních sil. Další změnou bylo rozlišné uvažování ukotvení rámu. Ve vzorové hale je uvažován dvoukloubový rám, v práci se uvažuje rám s pevným ukotvením.

Vlivem „extrémnějších“ podmínek nevyhověla většina prvků vzorové konstrukce a bylo nutné je optimalizovat. Nevyhovující prvky jsou jasně zřetelné z jednotkových posudků (viz. Příloha 0).

Hlavními nosnými částmi se v celém propočtu uvažují sloupy a příčle, které byly tvořeny u vzorové haly válcovanými profily IPE 200. K vyřešení optimalizace nevyhovujících posudků se vybízela dvě řešení. Prvním z těchto řešení bylo enormně upravit, resp. zesílit, tyto ocelové prvky při zachování požadovaných půdorysných rozměrů a počtu rámu (viz. Příloha 0. A). Druhým možným řešením bylo zvýšení počtu rámu, resp. jejich „zhuštění“ při méně razantní úpravě stávajícího IPE profilu (viz. Příloha 16 a Příloha 17). Dále se eventuálně dalo pracovat

s hustotou anebo zesílením ztužujících prvků. Přiklonil jsem se tedy k vyřešení optimalizace prvním způsobem, kvůli menšímu celkovému počtu prvků.

Následným zesílením sloupů, příčlí a jejich náběhů v místě spojů už jednotkové posudky hlavních nosných části vyhověly. Na základě jednotkového posudku by se konstrukce dala upravit tak, že by se ve štítových rámech daly použít menší profily, což by celkovou hmotnost haly nepatrně snížilo. Nicméně jsem toto řešení nezahrnul, jelikož by to ztížilo výslednou technickou přípravu.

Avšak zesílením hlavních prvků optimalizace neskončila, dále bylo nutné zesílit průřez prvků podélného ztužení mezi jednotlivými rámy v podélném směru haly. Směrem ke středu haly se účinky vnitřních sil projevují větší mírou, což platí obecně pro všechny nosné i ztužující prvky konstrukce. Pro zjednodušení jsem uvažoval všechny prvky stejného průřezu. Na základě jednotkového posudku by však šlo použít silnější trubkové profily ve střešní části a ve stěnové části by šly použít slabší trubkové profily.

Optimalizaci táhel, resp. příčného ztužení, mezi příčlemi jsem vyřešil zvětšením a zesílením trubkového profilu.

Další nutnou optimalizaci jsem provedl u štítových sloupků zvětšením a zesílením jeklového profilu.

Závěrečnou úpravou byla optimalizace okapové hrany a hřebenu. Na základě jednotkového posudku jsem v tomto případě navrhl větší a silnější dvojici trubkových profilů pro hřeben. Pro okapovou hranu jsem zvolil o něco menší a slabší dvojici profilů než pro hřeben.

Posouzení a optimalizaci zavětrování, které tvoří kruhový profil, jsem v této práci neřešil.

Závěr

Celkové úpravy konstrukce měly za následek zvýšení celkové únosnosti, ale i hmotnosti konstrukce. Hmotnost se z původních 9303,3 kg zvýší na 16068,6 kg. Navržené optimalizace vyhovují jednotkovým posudkům dle Eurokódu. Optimalizovaná hala by měla obstát vůči všem možným nejnepríznivějším kombinacím klimatických podmínek, způsobené vlivem 3. sněžné oblasti a 4. větrné oblasti.

Optimalizováním hlavních nosných prvků, resp. sloupů a příčlích, se jejich hmotnost zvýšila z 5366 kg (pro IPE 200) na 10120 kg (pro IPE 300). Hmotnost se zvýšila o 4754 kg. Podle aktuálního ceníku materiálu (kondor.cz) by tato optimalizace pouze na materiálu stála zhruba 99 000,- Kč.

Optimalizací podélného ztužení, vzpěr, hřebenů, okapových hran a čelních sloupků se hmotnost navýší z původních 3937,4 kg na 5948,6 kg. Hmotnost těchto prvků se zvýšila o 2011,2 kg. Cena těchto optimalizací by stála pouze na materiálu přibližně 51 500,- Kč.

Literatura/Zdroje

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 2015
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ÚNMZ, 2011
- [3] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, ÚNMZ, 2013
- [4] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ÚNMZ, 2013
- [5] ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ÚNMZ, 2016
- [6] ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, ÚNMZ, 2013
- [7] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí, ÚNMZ
- [8] SCIA Engineer – Nápopvěda, SCIA a Nemetschek company, 2016, [online]. Dostupné z WWW: <<http://help.scia.net/15.2/cs/>>
- [9] Nemetschek Scia, Scia Engineer – Problematika zadávání vzpěrných délek
- [10] JANOUŠEK, V. Ocelová konstrukce průmyslové haly. VUT Brno, 2012. Diplomová práce. Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí, VUT Brno. Vedoucí diplomové práce Karel Sýkora.
- [11] KREISEL, M. Ocelová konstrukce sportovní haly. VUT Brno, 2013. Diplomová práce. Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí, VUT Brno. Vedoucí diplomové práce Michal Štrba.
- [12] VOJTEK, J. Statická analýza a modelování ocelové konstrukce metodou konečných prvků. VUT Brno, 2014. Bakalářská práce. Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, VUT Brno. Vedoucí bakalářské práce Jakub Kršík.
- [13] Mapa sněhových oblastí na území ČR. ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Větrná a sněhová mapa [online] 2006, [cit. 2017-2-1]. Dostupné z WWW: <<http://www.sticka.cz/mapy/>>
- [14] Mapa větrných oblastí na území ČR. ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Větrná a sněhová mapa [online] 2006, [cit. 2017-2-1]. Dostupné z WWW: <<http://www.sticka.cz/mapy/>>

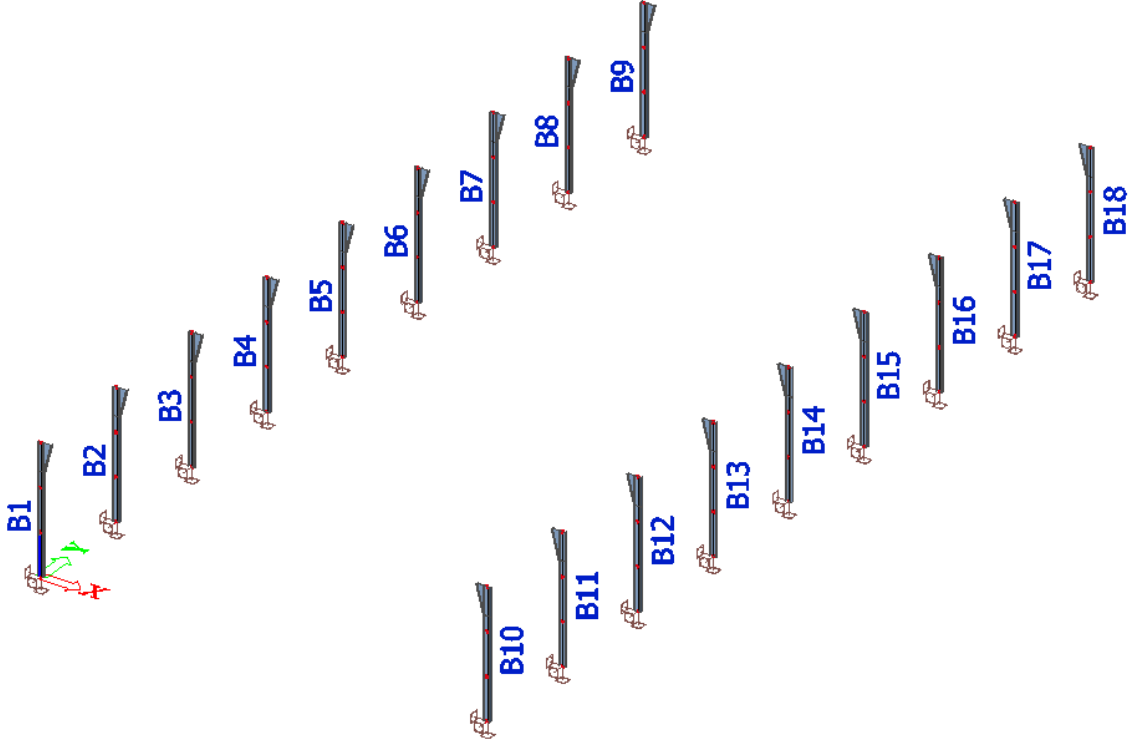
Přílohy

1) Příloha 0 – MON 3 (IPE 200)	169MB
2) Příloha 1 – Sloup	(10,1MB)
3) Příloha 2 – Příčle (Vazník)	(10,0MB)
4) Příloha 3 – Okapová hrana	(11,7MB)
5) Příloha 4 – Hřeben	(3,2MB)
6) Příloha 5 – Vzpěra (Táhlo)	(4,1MB)
7) Příloha 6 – Podélné ztužení	(64,4MB)
8) Příloha 7 – Čelní sloupek, Překlad	(7,2MB)
9) Příloha 8 – Vnitřní síly pro počítání spojů	(8,1MB)
10) Příloha 9 – Identifikace prvků (IPE 200)	(2,7MB)
11) Příloha 10 – SCIA Report (IPE 200)	(15,6MB)
12) Příloha 11 – MON 3 (IPE 200)	(33,5MB)
13) Příloha 0.A – MON 3 (IPE 300)	162MB
14) Příloha 1.A – Sloup	(10,0MB)
15) Příloha 2.A – Příčle (Vazník)	(10,3MB)
16) Příloha 3.A – Okapová hrana	(5,7MB)
17) Příloha 4.A – Hřeben	(3,2MB)
18) Příloha 5.A – Vzpěra (Táhlo)	(4,4MB)
19) Příloha 6.A – Podélné ztužení	(64,3MB)
20) Příloha 7.A – Čelní sloupek, Překlad	(5,2MB)
21) Příloha 8.A – Vnitřní síly pro počítání spojů	(8,2MB)
22) Příloha 9.A – Identifikace prvků (IPE 300)	(3,0MB)
23) Příloha 10.A – SCIA Report (IPE 300)	(16,0MB)
24) Příloha 11.A – MON 3 (IPE 300)	(33,7MB)
25) Příloha 12 – Rozklad sil pro posudek šroubových spojů	0,3MB

26) Příloha 13 – Spoje	0,2MB
27) Příloha 14 – Výrobní dokumentace, výkresová část	6,3MB
28) Příloha 15 – Fotodokumentace FRZ.1	205MB
29) Příloha 16 – MON 3 (upravena vzdálenost ráků 2,5m)	32,5MB
30) Příloha 17 – MON 3 (upravena vzdálenost ráků 3,0m)	31,9MB

Příloha 1

Posudek sloupů
(vzor posudku)



Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B18

Kombinace : CO1

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-90,96	0,55	-21,41	0,00	41,29	-0,49
B1	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/19	46,88	-1,93	26,88	0,02	-14,90	-0,43
B1	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/19	40,95	-2,37	27,63	0,01	54,16	-0,37
B1	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/21	4,30	2,31	7,23	-0,04	12,85	-0,53
B1	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/22	-62,94	0,65	-39,46	-0,01	-17,87	-0,17
B1	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/23	24,55	1,34	31,84	0,01	-56,86	-0,39
B1	Sloup - I + 1w prom	3,494	CO1/24	22,26	0,38	14,57	-0,07	19,98	0,41
B1	Sloup - I + 1w prom	3,494	CO1/25	-5,58	-0,13	-1,70	0,05	-0,51	-0,32
B1	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/22	-62,36	0,00	-39,43	-0,04	-65,87	0,33
B1	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/26	-62,95	1,10	-31,89	0,02	59,85	-0,44
B1	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/27	-0,12	2,14	24,34	0,02	-46,26	-0,72
B1	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/28	20,91	-1,47	-4,01	-0,02	1,62	0,54
B2	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-77,58	0,20	-36,07	0,03	-49,62	-0,21
B2	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/20	29,53	0,04	8,33	-0,01	22,55	0,05
B2	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/29	13,18	-0,29	-3,47	0,00	-6,34	0,29
B2	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/30	-33,18	0,39	-36,63	-0,01	56,80	-0,44
B2	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/2	-77,00	0,20	-41,19	0,00	-94,69	0,08
B2	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/31	28,49	-0,19	24,59	0,01	34,99	-0,15
B2	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/32	-30,20	0,30	-30,09	-0,03	-54,06	0,14
B2	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/33	-5,26	-0,21	7,49	0,04	13,66	-0,12
B2	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-66,59	0,29	-38,87	-0,01	-94,74	0,15
B2	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-32,15	0,36	-40,58	-0,01	74,27	-0,41
B3	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-109,64	0,27	-45,26	0,00	69,96	-0,27
B3	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/5	37,27	-0,05	17,98	0,00	41,37	-0,05
B3	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/1	-92,93	-0,36	-62,82	-0,01	25,33	0,10
B3	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-92,38	0,75	-62,78	0,02	-63,33	-0,49
B3	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-93,48	0,30	-62,87	-0,01	114,06	-0,29
B3	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/6	25,11	-0,05	31,17	0,00	-56,15	0,04
B3	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/1	-91,90	0,75	-62,74	-0,07	-128,98	0,42
B3	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/19	5,99	-0,31	14,18	0,03	25,57	-0,15
B3	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-101,04	0,65	-60,47	-0,06	-144,65	0,50
B3	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/1	-91,80	0,75	-62,73	-0,07	-140,63	0,56
B4	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-119,03	0,16	-54,16	0,00	84,51	-0,15
B4	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/5	39,39	-0,02	19,62	0,00	46,16	-0,04
B4	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/19	7,90	-0,35	21,40	-0,01	8,84	0,19
B4	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-102,65	0,79	-73,85	0,02	-74,37	-0,38
B4	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-103,75	0,18	-73,94	0,00	134,28	-0,15
B4	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/6	28,10	-0,03	34,97	0,00	-63,71	0,02
B4	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/1	-102,17	0,79	-73,80	-0,07	-152,33	0,58
B4	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/19	8,32	-0,35	17,67	0,03	31,78	-0,25
B4	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-111,13	0,66	-70,75	-0,06	-169,07	0,62
B4	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/1	-102,07	0,79	-73,80	-0,07	-166,03	0,73
B5	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-123,94	0,20	-66,57	0,01	-85,61	-0,15
B5	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/31	43,67	-0,14	16,23	0,00	-6,66	-0,04
B5	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/34	-102,52	-0,14	-76,47	0,00	31,17	0,05
B5	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-109,69	0,29	-76,75	0,01	-77,14	-0,22
B5	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-101,79	0,10	-76,84	0,00	139,70	-0,03
B5	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/6	26,12	0,01	35,81	0,00	-65,59	-0,02
B5	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/1	-109,21	0,29	-76,71	-0,03	-157,29	0,13
B5	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/31	40,25	-0,12	27,83	0,01	46,58	-0,10
B5	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-117,82	0,25	-73,32	-0,02	-174,69	0,16
B5	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/8	-107,78	0,28	-65,87	-0,03	-159,81	0,21
B6	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-123,26	-0,36	-64,98	-0,01	-83,82	0,19
B6	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/35	45,80	0,17	13,95	0,00	-7,11	0,05
B6	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-110,67	-0,54	-75,07	-0,02	-75,39	0,30
B6	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/34	-107,77	0,20	-74,79	0,00	30,53	-0,08
B6	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-110,46	-0,24	-75,15	0,00	136,66	0,19
B6	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/6	30,10	0,04	35,30	0,00	-64,61	-0,04
B6	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/19	11,06	0,19	18,17	-0,02	32,03	0,13
B6	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/1	-110,19	-0,54	-75,02	0,05	-153,86	-0,36
B6	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-117,95	-0,46	-71,63	0,04	-170,44	-0,40
B6	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/1	-110,09	-0,54	-75,02	0,05	-167,79	-0,46

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B7	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-110,25	-0,23	-45,70	0,00	70,38	0,22
B7	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/5	37,30	0,04	17,76	0,00	41,18	0,05
B7	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/1	-93,31	-0,60	-63,95	-0,02	-64,24	0,44
B7	Sloup - I + Iw prom	1,412	CO1/1	-93,86	0,35	-63,99	0,01	26,07	-0,12
B7	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-94,42	-0,31	-64,04	0,01	116,44	0,29
B7	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/6	25,45	0,08	31,68	0,00	-57,38	-0,07
B7	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/35	36,18	0,23	27,47	-0,02	40,66	0,16
B7	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/1	-92,83	-0,60	-63,91	0,06	-131,21	-0,30
B7	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/4	-101,83	-0,52	-61,28	0,05	-146,58	-0,37
B7	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/1	-92,73	-0,60	-63,90	0,06	-143,07	-0,41
B8	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/2	-79,33	-0,14	-36,49	-0,02	-50,35	0,19
B8	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/20	29,80	-0,05	7,93	0,01	21,97	-0,07
B8	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/36	-37,28	-0,36	-37,32	0,01	58,01	0,40
B8	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/37	14,39	0,28	-3,23	0,00	-6,77	-0,28
B8	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/38	-28,34	-0,33	-41,88	0,01	73,48	0,37
B8	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/35	29,00	0,17	24,84	-0,01	35,55	0,13
B8	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/39	-23,80	0,16	-0,94	-0,04	-7,34	0,11
B8	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/40	-12,62	-0,23	-22,07	0,02	-33,88	-0,11
B8	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/4	-68,37	-0,23	-39,60	0,01	-96,35	-0,09
B8	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-35,85	-0,34	-41,59	0,01	76,31	0,38
B9	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-88,44	-0,53	-21,81	0,00	42,12	0,46
B9	Sloup - I + Iw prom	1,412	CO1/19	48,96	1,96	27,72	-0,02	-15,42	0,44
B9	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/21	5,70	-2,29	7,96	0,04	13,21	0,53
B9	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/19	42,22	2,37	28,47	-0,02	55,85	0,37
B9	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/22	-63,57	-0,64	-40,08	0,01	-18,55	0,17
B9	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/23	28,35	-1,29	32,84	-0,01	-58,86	0,34
B9	Sloup - I + Iw prom	3,494	CO1/41	-4,90	0,14	-1,40	-0,05	-0,28	0,32
B9	Sloup - I + Iw prom	3,494	CO1/24	22,90	-0,37	14,98	0,07	20,53	-0,41
B9	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/22	-63,00	0,01	-40,05	0,04	-67,34	-0,31
B9	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/26	-64,50	-1,12	-32,82	-0,02	61,74	0,46
B9	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/42	20,38	1,47	-4,02	0,02	1,63	-0,53
B9	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/27	4,83	-2,08	25,27	-0,02	-48,12	0,66
B10	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-90,96	-0,55	-21,41	0,00	41,29	0,49
B10	Sloup - I + Iw prom	1,412	CO1/20	46,88	1,93	26,88	-0,02	-14,90	0,43
B10	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/43	4,30	-2,31	7,23	0,04	12,85	0,53
B10	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/20	40,95	2,37	27,63	-0,01	54,16	0,37
B10	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/44	-62,94	-0,65	-39,46	0,01	-17,87	0,17
B10	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/45	24,55	-1,34	31,84	-0,01	-56,86	0,39
B10	Sloup - I + Iw prom	3,494	CO1/46	-5,58	0,13	-1,70	-0,05	-0,51	0,32
B10	Sloup - I + Iw prom	3,494	CO1/47	22,26	-0,38	14,57	0,07	19,98	-0,41
B10	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/44	-62,36	0,00	-39,43	0,04	-65,87	-0,33
B10	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/48	-62,95	-1,10	-31,89	-0,02	59,85	0,44
B10	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/28	20,91	1,47	-4,01	0,02	1,62	-0,54
B10	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/49	-0,12	-2,14	24,34	-0,02	-46,26	0,72
B11	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/1	-77,58	-0,20	-36,07	-0,03	-49,62	0,21
B11	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/19	29,53	-0,04	8,33	0,01	22,55	-0,05
B11	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/30	-33,18	-0,39	-36,63	0,01	56,80	0,44
B11	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/29	13,18	0,29	-3,47	0,00	-6,34	-0,29
B11	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/1	-77,00	-0,20	-41,19	0,00	-94,69	-0,08
B11	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/31	28,49	0,19	24,59	-0,01	34,99	0,15
B11	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/11	-5,26	0,21	7,49	-0,04	13,66	0,12
B11	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/50	-30,20	-0,30	-30,09	0,03	-54,06	-0,14
B11	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/4	-66,59	-0,29	-38,87	0,01	-94,74	-0,15
B11	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-32,15	-0,36	-40,58	0,01	74,27	0,41
B12	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-109,64	-0,27	-45,26	0,00	69,96	0,27
B12	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/6	37,27	0,05	17,98	0,00	41,37	0,05
B12	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/2	-92,38	-0,75	-62,78	-0,02	-63,33	0,49
B12	Sloup - I + Iw prom	1,412	CO1/2	-92,93	0,36	-62,82	0,01	25,33	-0,10
B12	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-93,48	-0,30	-62,87	0,01	114,06	0,29
B12	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/5	25,11	0,05	31,17	0,00	-56,15	-0,04
B12	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/20	5,99	0,31	14,18	-0,03	25,57	0,15
B12	Sloup - I + Iw prom	4,050	CO1/2	-91,90	-0,75	-62,74	0,07	-128,98	-0,42
B12	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/4	-101,04	-0,65	-60,47	0,06	-144,65	-0,50
B12	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/2	-91,80	-0,75	-62,73	0,07	-140,63	-0,56
B13	Sloup - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-119,03	-0,16	-54,16	0,00	84,51	0,15
B13	Sloup - I + Iw prom	4,236	CO1/6	39,39	0,02	19,62	0,00	46,16	0,04
B13	Sloup - I + Iw prom	2,824	CO1/2	-102,65	-0,79	-73,85	-0,02	-74,37	0,38

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B13	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/20	7,90	0,35	21,40	0,01	8,84	-0,19
B13	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-103,75	-0,18	-73,94	0,00	134,28	0,15
B13	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/5	28,10	0,03	34,97	0,00	-63,71	-0,02
B13	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/20	8,32	0,35	17,67	-0,03	31,78	0,25
B13	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/2	-102,17	-0,79	-73,80	0,07	-152,33	-0,58
B13	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-111,13	-0,66	-70,75	0,06	-169,07	-0,62
B13	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/2	-102,07	-0,79	-73,80	0,07	-166,03	-0,73
B14	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-123,94	-0,20	-66,57	-0,01	-85,61	0,15
B14	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/31	43,67	0,14	16,23	0,00	-6,66	0,04
B14	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-109,69	-0,29	-76,75	-0,01	-77,14	0,22
B14	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/12	-102,52	0,14	-76,47	0,00	31,17	-0,05
B14	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-101,79	-0,10	-76,84	0,00	139,70	0,03
B14	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/5	26,12	-0,01	35,81	0,00	-65,59	0,02
B14	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/31	40,25	0,12	27,83	-0,01	46,58	0,10
B14	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/2	-109,21	-0,29	-76,71	0,03	-157,79	-0,13
B14	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-117,82	-0,25	-73,32	0,02	-174,69	-0,16
B14	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/8	-107,78	-0,28	-65,87	0,03	-159,81	-0,21
B15	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-123,26	0,36	-64,98	0,01	-83,82	-0,19
B15	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/35	45,80	-0,17	13,95	0,00	-7,11	-0,05
B15	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/12	-107,77	-0,20	-74,79	0,00	30,53	0,08
B15	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-110,67	0,54	-75,07	0,02	-75,39	-0,30
B15	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-110,46	0,24	-75,15	0,00	136,66	-0,19
B15	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/5	30,10	-0,04	35,30	0,00	-64,61	0,04
B15	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/2	-110,19	0,54	-75,02	-0,05	-153,86	0,36
B15	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/20	11,06	-0,19	18,17	0,02	32,03	-0,13
B15	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-117,95	0,46	-71,63	-0,04	-170,44	0,40
B15	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/2	-110,09	0,54	-75,02	-0,05	-167,79	0,46
B16	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/1	-110,26	0,23	-45,70	0,00	70,38	-0,22
B16	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/6	37,30	-0,04	17,76	0,00	41,18	-0,05
B16	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/2	-93,86	-0,35	-63,99	-0,01	26,07	0,12
B16	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/2	-93,31	0,60	-63,95	0,02	-64,24	-0,44
B16	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-94,42	0,31	-64,04	-0,01	116,44	-0,29
B16	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/5	25,45	-0,08	31,68	0,00	-57,38	0,07
B16	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/2	-92,83	0,60	-63,91	-0,06	-131,21	0,30
B16	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/35	36,18	-0,23	27,47	0,02	40,66	-0,16
B16	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-101,83	0,52	-61,28	-0,05	-146,58	0,37
B16	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/2	-92,73	0,60	-63,90	-0,06	-143,07	0,41
B17	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/1	-79,33	0,14	-36,49	0,02	-50,35	-0,19
B17	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/19	29,80	0,05	7,93	-0,01	21,97	0,07
B17	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/37	14,39	-0,28	-3,23	0,00	-6,77	0,28
B17	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/36	-37,28	0,36	-37,32	-0,01	58,01	-0,40
B17	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/51	-28,34	0,33	-41,88	-0,01	73,48	-0,37
B17	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/35	29,00	-0,17	24,84	0,01	35,55	-0,13
B17	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/52	-12,62	0,23	-22,07	-0,02	-33,88	0,11
B17	Sloup - I + 1w prom	4,050	CO1/53	-23,80	-0,16	-0,94	0,04	-7,34	-0,11
B17	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/4	-68,37	0,23	-39,60	-0,01	-96,35	0,09
B17	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-35,85	0,34	-41,59	-0,01	76,31	-0,38
B18	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/2	-88,44	0,53	-21,81	0,00	42,12	-0,46
B18	Sloup - I + 1w prom	1,412	CO1/20	48,96	-1,96	27,72	0,02	-15,42	-0,44
B18	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/20	42,22	-2,37	28,47	0,02	55,85	-0,37
B18	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/43	5,70	2,29	7,96	-0,04	13,21	-0,53
B18	Sloup - I + 1w prom	2,824	CO1/44	-63,57	0,64	-40,08	-0,01	-18,55	-0,17
B18	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/45	28,35	1,29	32,84	0,01	-58,86	-0,34
B18	Sloup - I + 1w prom	3,494	CO1/47	22,90	0,37	14,98	-0,07	20,53	0,41
B18	Sloup - I + 1w prom	3,494	CO1/54	-4,90	-0,14	-1,40	0,05	-0,28	-0,32
B18	Sloup - I + 1w prom	4,236	CO1/44	-63,00	-0,01	-40,05	-0,04	-67,34	0,31
B18	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/48	-64,50	1,12	-32,82	0,02	61,74	-0,46
B18	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/49	4,83	2,08	25,27	0,02	-48,12	-0,66
B18	Sloup - I + 1w prom	0,000	CO1/42	20,38	-1,47	-4,02	-0,02	1,63	0,53

Studentská verz

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B17, B18

Kombinace : CO1

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/15	0,000	0,77	0,76	0,77
B2	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	3,494	1,12	0,86	1,12
B3	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,000	2,13	2,13	1,67
B4	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,000	2,94	2,94	1,97
B5	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,000	3,17	3,17	2,02
B6	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,000	3,05	3,05	2,03
B7	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,000	2,22	2,22	1,70
B8	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	3,494	1,13	0,87	1,13
B9	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/15	0,000	0,79	0,78	0,79
B10	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/16	0,000	0,77	0,76	0,77
B11	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	3,494	1,12	0,86	1,12
B12	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,000	2,13	2,13	1,67
B13	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,000	2,94	2,94	1,97
B14	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,000	3,17	3,17	2,03
B15	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,000	3,05	3,05	2,02
B16	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,000	2,22	2,22	1,70
B17	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/1	3,494	1,14	0,87	1,14
B18	Sloup - I + Iw prom	S 355	CO1/16	0,000	0,79	0,78	0,79

Prvek B1	4,238 m	IPE200	3 365	CO1	0,77 -
----------	---------	--------	-------	-----	--------

Děli souč. spolehlivost	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-74,29	kN
Vy,Ed	0,48	kN
Vz,Ed	-29,84	kN
T,Ed	0,01	kNm
My,Ed	59,34	kNm
Mz,Ed	-0,32	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	38,39
Třída 1 limit	48,85
Třída 2 limit	52,79
Třída 3 limit	84,99

=> vnitřní tlačené části třída 1

Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,14
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,23

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

Vlastnosti průřezu

A	2,850000e+003 mm ²	Az/A	0,402
Iy	1,943000e+007 mm ⁴	Iz	1,420000e+006 mm ⁴
Iyz	-5,082198e+009 mm ⁴	IyIz	6,980000e+004 mm ⁴
Iw	1,300000e+010 mm ⁶		
WyIy	1,940000e+005 mm ⁶	WzIz	2,850000e+004 mm ⁶
WpIy	2,210000e+005 mm ⁶	WpIz	4,460000e+004 mm ⁶
cy	100,00 mm	cz	50,00 mm
dy	0,00 mm	dz	0,00 mm

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,8500e-03	m ²
Nc,Rd	1011,75	kN
Jedn. posudek	0,07	-

Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

WpIy	2,2100e-04	m ³
MpIy,Rd	78,45	kNm
Jedn. posudek	0,76	-

Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

WpIz	4,4600e-05	m ³
MpIz,Rd	15,83	kNm
Jedn. posudek	0,02	-

Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Prvek B1 4,236 m IPE200 8 355 CO1 0,77 -

Díši souč. spolehlivost	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

...:POSUDEK PRŮŘEZU:...

Kritický posudek v místě 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-74,29	kN
Vy,Ed	0,46	kN
Vz,Ed	-29,84	kN
T,Ed	0,01	kNm
My,Ed	59,34	kNm
Mz,Ed	-0,32	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	28,39
Třída 1 limit	45,85
Třída 2 limit	52,79
Třída 3 limit	84,59

=> vnitřní tlačené části třída 1

Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,14
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,23

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

Vlastnosti průřezu

A	2,850000e+003 mm ²	Az,A	0,400
Ay/A	0,622	Wz	1,420000e+006 mm ⁴
Iy	1,943000e+007 mm ⁴	Iz	6,960000e+004 mm ⁴
Iyz	-5,082198e-009 mm ⁴	Iy,z	
Iw	1,300000e+010 mm ⁶	Wyz	2,850000e+004 mm ³
Wely	1,940000e+005 mm ³	Wyz	4,460000e+004 mm ³
Wply	2,210000e+005 mm ³	Wz	50,00 mm
cy	100,00 mm	Wz	0,00 mm
dy	0,00 mm	Wz	

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,8500e+03	m ²
Nc,Rd	1011,75	kN
Jedn. posudek	0,07	-

Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	2,2100e+04	m ³
Mpl,y,Rd	78,45	kNm
Jedn. posudek	0,76	-

Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	4,4600e+05	m ³
Mpl,z,Rd	15,83	kNm
Jedn. posudek	0,02	-

Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Parametry klopení		
Mezní šířkost $\Lambda_{bda,rel,LT,0}$	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce Alpha,LT	0,34	
Součinitel klopení Beta	0,75	
Redukční součinitel $\chi_{i,LT}$	0,93	
Opravný součinitel k_c	0,82	
Opravný součinitel f	0,92	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{i,LT,mod}$	1,00	
Návrhová únosnost na vzpěr M_b,R_d	78,45	kNm
Jedn. posudek	0,76	-

Parametry Mor		
Délka klopení L	1,412	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení C1	1,49	
Součinitel momentu na klopení C2	0,00	
Součinitel momentu na klopení C3	1,00	
Vzdálenost středů smyku d_z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z_g	0	mm
Konstanta monosymetrie $\beta_{y,z}$	0	mm
Konstanta monosymetrie β_x	0	mm

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Poznámka: Opravný součinitel k_c se určí podle C.1.

Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	2,8500e-03	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	2,2100e-04	m ³
Plastický modul průřezu $W_{pl,z}$	4,4600e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	74,29	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	59,34	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	-0,32	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	1011,75	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	78,45	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	15,83	kNm
Redukční součinitel $\chi_{i,y}$	1,00	
Redukční součinitel $\chi_{i,z}$	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{i,LT,mod}$	1,00	
Interakční součinitel k_{yy}	0,91	
Interakční součinitel k_{yz}	0,35	
Interakční součinitel k_{zy}	0,59	
Interakční součinitel k_{zz}	0,41	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B1, pozice 0,000 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B1, pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	tabulka B.1	
Posuvnost styčnic γ	posuvně	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,z}$	-0,32	kNm
Moment v poli $M_{s,z}$	-0,08	kNm
Součinitel $\alpha_{h,z}$	0,24	
Poměr koncových momentů $\beta_{h,z}$	0,10	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mz}	0,40	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	59,34	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	38,28	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,65	
Poměr koncových momentů $\beta_{h,LT}$	0,29	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,72	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,07 + 0,69 + 0,01 = 0,77 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,07 + 0,41 + 0,01 = 0,50 -

Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	4,236	m
Stojlna	nevzrušený	
Výška stojlny h_w	183	mm
Tloušťka stojlny t	6	mm
Materiálový součinitel epsilon	0,81	
Součinitel smykové korekce E_{ts}	1,20	

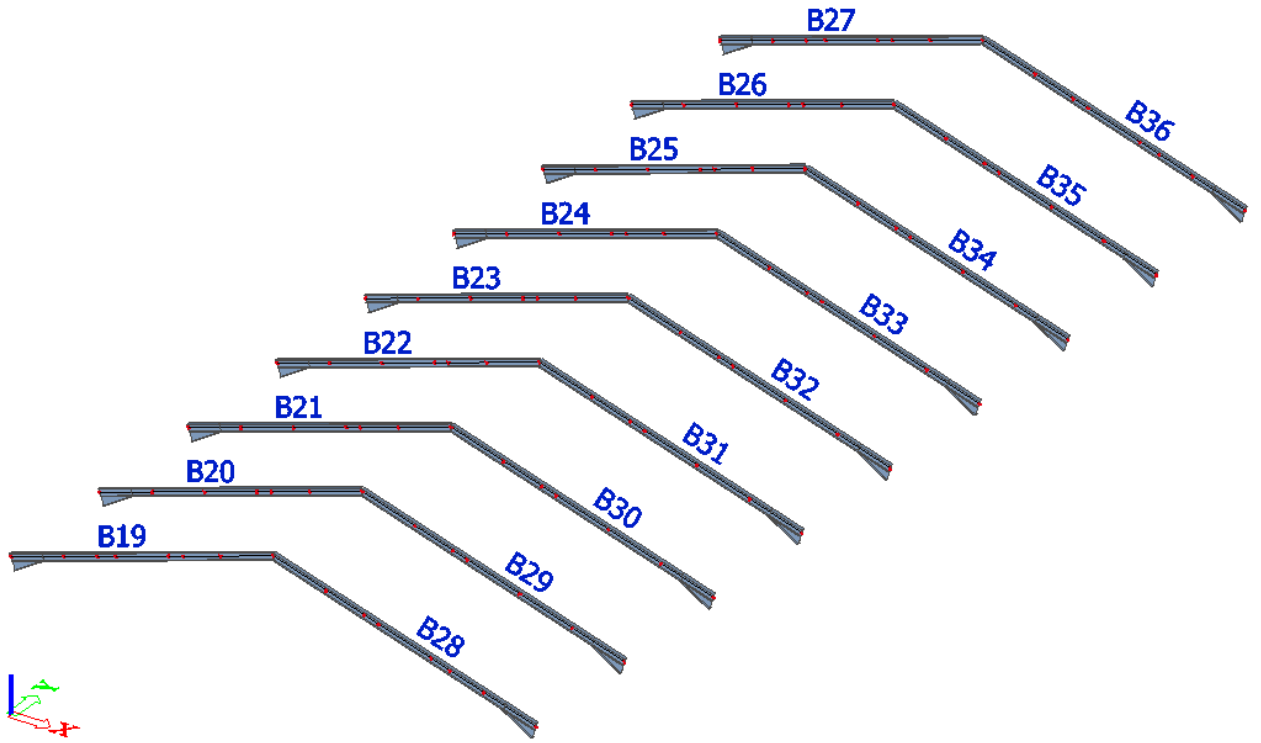
Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojny	32,68
Limit štíhlost stojny	48,82

Poznámka: Štíhlost stojny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).
Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

Studentská verze

Příloha 2

Posudek příčlí
(vzor posudku)



Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36

Kombinace : CO1

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B19	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/22	-53,92	0,25	40,64	0,05	-66,89	0,08
B19	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/4	100,75	1,14	33,23	-0,03	64,83	0,54
B19	Příčel - I + Iw prom	5,078	CO1/55	-6,54	-9,95	7,28	-0,41	7,63	-3,05
B19	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/56	49,20	10,13	-7,32	0,25	-11,79	-1,22
B19	Příčel - I + Iw prom	2,539	CO1/57	39,34	2,68	-30,91	0,09	-13,10	1,98
B19	Příčel - I + Iw prom	5,078	CO1/4	62,16	0,10	52,03	0,08	-48,80	0,19
B19	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/9	57,25	-9,92	-9,75	-0,53	-15,15	1,27
B19	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/20	-25,37	9,95	2,93	0,49	7,30	-1,28
B19	Příčel - I + Iw prom	2,539	CO1/33	29,19	-7,29	7,40	-0,10	-9,41	3,18
B20	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/2	-130,58	0,00	-5,39	-0,03	42,14	0,02
B20	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/31	63,57	-0,04	6,36	0,00	-6,50	0,00
B20	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-50,30	-0,56	51,30	0,06	-91,13	-0,07
B20	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/1	-117,98	1,18	-11,87	0,01	5,75	-0,26
B20	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-109,65	1,08	-44,57	-0,01	-24,73	1,48
B20	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-64,78	-0,23	68,30	0,04	-96,17	-0,18
B20	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/52	-67,59	-0,07	-4,58	-0,05	40,83	0,08
B20	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/53	6,64	0,05	1,11	0,06	-27,97	-0,08
B20	Příčel - I + Iw prom	4,339	CO1/44	-74,79	0,04	-1,07	0,01	43,01	0,13
B20	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/1	-48,70	1,17	32,88	0,02	-31,59	-1,18
B20	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/4	-117,04	1,18	-37,98	0,00	-25,69	1,59
B21	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-162,86	0,08	-12,64	0,01	56,23	-0,13
B21	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/6	51,83	-0,41	7,96	0,00	9,08	-0,52
B21	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-114,31	-1,14	67,55	0,12	-137,82	0,30
B21	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/1	-117,61	1,78	49,21	0,01	-61,01	-1,75
B21	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-143,15	1,13	-55,96	0,00	-26,32	1,52
B21	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-111,58	-0,69	83,97	0,07	-140,55	0,23
B21	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/19	23,17	0,53	-1,57	-0,05	26,07	-0,10
B21	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-112,66	-0,94	77,20	0,10	-143,18	0,28
B21	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/2	-97,25	0,01	-3,77	0,00	67,88	-0,04
B21	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/1	-148,34	1,27	-39,18	0,00	-26,32	1,66
B22	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-190,32	0,20	-18,10	0,00	70,32	-0,05
B22	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/6	59,11	-0,04	9,23	0,00	9,20	-0,08
B22	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-110,98	-1,03	75,44	0,10	-164,89	0,64
B22	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/1	-102,65	1,11	57,09	0,00	-75,44	-1,08
B22	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-169,83	0,05	-61,48	0,00	-26,91	0,17
B22	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-108,43	-0,58	91,31	0,06	-164,17	0,43
B22	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/19	22,28	0,50	-3,31	-0,05	33,32	-0,26
B22	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-109,28	-0,82	85,03	0,08	-169,25	0,55
B22	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/2	-82,19	0,14	11,22	0,00	82,12	-0,01
B23	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-192,48	0,17	-19,47	0,00	73,74	-0,05
B23	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/6	57,03	-0,05	5,44	0,00	-2,13	-0,04
B23	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/34	-105,76	-0,21	77,13	0,02	-171,59	0,11
B23	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/1	-89,10	0,31	59,09	0,00	-79,08	-0,26
B23	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-168,80	-0,07	-63,04	-0,01	-27,33	-0,01
B23	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-106,99	-0,10	93,27	0,01	-170,04	0,08
B23	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/31	40,85	0,16	-27,92	-0,01	51,78	-0,12
B23	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-106,25	-0,21	77,51	0,02	-172,35	0,10
B23	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-106,16	-0,16	87,10	0,02	-176,08	0,09
B23	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/2	-76,02	0,14	12,78	0,00	85,72	-0,02
B23	Příčel - I + Iw prom	3,099	CO1/1	-82,46	0,31	41,11	0,00	-1,46	0,21
B24	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-189,58	-0,19	-18,55	0,00	71,41	0,05
B24	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/6	58,62	0,08	5,20	0,00	-1,81	0,06
B24	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/1	-104,94	-0,64	57,85	-0,01	-76,88	0,63
B24	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/34	-114,08	0,57	75,90	-0,06	-166,46	-0,35
B24	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-164,50	0,00	-62,12	0,01	-27,20	-0,09
B24	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-108,77	0,32	92,00	-0,04	-165,78	-0,25
B24	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-114,58	0,57	76,27	-0,06	-167,20	-0,35
B24	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/19	24,83	-0,31	-3,29	0,03	33,69	0,17
B24	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-111,30	0,46	85,80	-0,05	-171,23	-0,31
B24	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/2	-77,80	-0,15	11,57	0,01	83,39	0,01
B24	Příčel - I + Iw prom	3,099	CO1/1	-98,30	-0,64	39,87	-0,01	-1,19	-0,27
B25	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-164,77	-0,07	-13,08	-0,01	57,36	0,13

Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36

Kombinace : COI

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B19	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/22	-53,92	0,25	40,64	0,05	-66,89	0,08
B19	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/4	100,75	1,14	33,23	-0,03	64,83	0,54
B19	Příčel -1 + Iw prom	5,078	CO1/55	-6,54	-9,95	7,28	-0,41	7,63	-3,05
B19	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/56	49,20	10,13	-7,32	0,25	-11,79	-1,22
B19	Příčel -1 + Iw prom	2,539	CO1/57	39,34	2,68	-30,91	0,09	-13,10	1,98
B19	Příčel -1 + Iw prom	5,078	CO1/4	62,16	0,10	52,03	0,08	-48,80	0,19
B19	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/9	57,25	-9,92	-9,75	-0,53	-15,15	1,27
B19	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/20	-25,37	9,95	2,93	0,49	7,30	-1,28
B19	Příčel -1 + Iw prom	2,539	CO1/33	29,19	-7,29	7,40	-0,10	-9,41	3,18
B20	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/2	-130,58	0,00	-5,39	-0,03	42,14	0,02
B20	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/31	63,57	-0,04	6,36	0,00	-6,50	0,00
B20	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/1	-50,30	-0,56	51,30	0,06	-91,13	-0,07
B20	Příčel -1 + Iw prom	6,198	CO1/1	-117,98	1,18	-11,87	0,01	5,75	-0,26
B20	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/2	-109,65	1,08	-44,57	-0,01	-24,73	1,48
B20	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/2	-64,78	-0,23	68,30	0,04	-96,17	-0,18
B20	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/52	-67,59	-0,07	-4,58	-0,05	40,83	0,08
B20	Příčel -1 + Iw prom	4,648	CO1/53	6,64	0,05	1,11	0,06	-27,97	-0,08
B20	Příčel -1 + Iw prom	4,339	CO1/44	-74,79	0,04	-1,07	0,01	43,01	0,13
B20	Příčel -1 + Iw prom	1,549	CO1/1	-48,70	1,17	32,88	0,02	-31,59	-1,18
B20	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/4	-117,04	1,18	-37,98	0,00	-25,69	1,59
B21	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/4	-162,86	0,08	-12,64	0,01	56,23	-0,13
B21	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/6	51,83	-0,41	7,96	0,00	9,08	-0,52
B21	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/1	-114,31	-1,14	67,55	0,12	-137,82	0,30
B21	Příčel -1 + Iw prom	1,549	CO1/1	-117,61	1,78	49,21	0,01	-61,01	-1,75
B21	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/2	-143,15	1,13	-55,96	0,00	-26,32	1,52
B21	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/2	-111,58	-0,69	83,97	0,07	-140,55	0,23
B21	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/19	23,17	0,53	-1,57	-0,05	26,07	-0,10
B21	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/4	-112,66	-0,94	77,20	0,10	-143,18	0,28
B21	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/2	-97,25	0,01	3,77	0,00	67,88	-0,04
B21	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/1	-148,34	1,27	-39,18	0,00	-26,32	1,66
B22	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/4	-190,32	0,20	-18,10	0,00	70,32	-0,05
B22	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/6	59,11	-0,04	9,23	0,00	9,20	-0,08
B22	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/1	-110,98	-1,03	75,44	0,10	-164,89	0,64
B22	Příčel -1 + Iw prom	1,549	CO1/1	-102,65	1,11	57,09	0,00	-75,44	-1,08
B22	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/2	-169,83	0,05	-61,48	0,00	-26,91	0,17
B22	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/2	-108,43	-0,58	91,31	0,06	-164,17	0,43
B22	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/19	22,28	0,50	-3,31	-0,05	33,32	-0,26
B22	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/4	-109,28	-0,82	85,03	0,08	-169,25	0,55
B22	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/2	-82,19	0,14	11,22	0,00	82,12	-0,01
B23	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/4	-192,48	0,17	-19,47	0,00	73,74	-0,05
B23	Příčel -1 + Iw prom	6,198	CO1/6	57,03	-0,05	5,44	0,00	-2,13	-0,04
B23	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/34	-105,76	-0,21	77,13	0,02	-171,59	0,11
B23	Příčel -1 + Iw prom	1,549	CO1/1	-89,10	0,31	59,09	0,00	-79,08	-0,26
B23	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/2	-168,80	-0,07	-63,04	-0,01	-27,33	-0,01
B23	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/2	-106,99	-0,10	93,27	0,01	-170,04	0,08
B23	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/31	40,85	0,16	-27,92	-0,01	51,78	-0,12
B23	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/1	-106,25	-0,21	77,51	0,02	-172,35	0,10
B23	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/4	-106,16	-0,16	87,10	0,02	-176,08	0,09
B23	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/2	-76,02	0,14	12,78	0,00	85,72	-0,02
B23	Příčel -1 + Iw prom	3,099	CO1/1	-82,46	0,31	41,11	0,00	-1,46	0,21
B24	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/4	-189,58	-0,19	-18,55	0,00	71,41	0,05
B24	Příčel -1 + Iw prom	6,198	CO1/6	58,62	0,08	5,20	0,00	-1,81	0,06
B24	Příčel -1 + Iw prom	1,549	CO1/1	-104,94	-0,64	57,85	-0,01	-76,88	0,63
B24	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/34	-114,08	0,57	75,90	-0,06	-166,46	-0,35
B24	Příčel -1 + Iw prom	7,747	CO1/2	-164,50	0,00	-62,12	0,01	-27,20	-0,09
B24	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/2	-108,77	0,32	92,00	-0,04	-165,78	-0,25
B24	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/1	-114,58	0,57	76,27	-0,06	-167,20	-0,35
B24	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/19	24,83	-0,31	-3,29	0,03	33,69	0,17
B24	Příčel -1 + Iw prom	0,000	CO1/4	-111,30	0,46	85,80	-0,05	-171,23	-0,31
B24	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/2	-77,80	-0,15	11,57	0,01	83,39	0,01
B24	Příčel -1 + Iw prom	3,099	CO1/1	-98,30	-0,64	39,87	-0,01	-1,19	-0,37
B25	Příčel -1 + Iw prom	5,070	CO1/4	-164,77	-0,07	-13,08	-0,01	57,36	0,13

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B31	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-109,28	0,82	85,03	-0,08	-169,25	-0,55
B31	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/1	-62,19	-0,14	11,22	0,00	82,12	0,01
B32	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-192,48	-0,17	-19,47	0,00	73,74	0,05
B32	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/5	57,03	0,05	5,44	0,00	-2,13	0,04
B32	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/2	-89,10	-0,31	59,09	0,00	-79,08	0,26
B32	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/12	-105,76	0,21	77,13	-0,02	-171,59	-0,11
B32	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/1	-168,80	0,07	-63,04	0,01	-27,33	0,01
B32	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-106,99	0,10	93,27	-0,01	-170,04	-0,08
B32	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-106,25	0,21	77,51	-0,02	-172,35	-0,10
B32	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/31	40,85	-0,16	-27,92	0,01	51,78	0,12
B32	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-106,16	0,16	87,10	-0,02	-176,08	-0,09
B32	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/1	-76,02	-0,14	12,78	0,00	85,72	0,02
B32	Příčel - I + Iw prom	3,099	CO1/2	-82,46	-0,31	41,11	0,00	-1,46	-0,21
B33	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-189,58	0,19	-18,55	0,00	71,41	-0,05
B33	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/5	58,62	-0,08	5,20	0,00	-1,81	-0,06
B33	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/12	-114,08	-0,57	75,90	0,06	-166,46	0,35
B33	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/2	-104,94	0,64	57,85	0,01	-76,88	-0,63
B33	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/1	-164,50	0,00	-62,12	-0,01	-27,20	0,09
B33	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-108,77	-0,32	92,00	0,04	-165,78	0,25
B33	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/20	24,83	0,31	-3,29	-0,03	33,69	-0,17
B33	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-114,58	-0,57	76,27	0,06	-167,20	0,35
B33	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-111,30	-0,46	85,80	0,05	-171,23	0,31
B33	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/1	-77,80	0,15	11,57	-0,01	83,39	-0,01
B33	Příčel - I + Iw prom	3,099	CO1/2	-98,30	0,64	39,87	0,01	-1,19	0,37
B34	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/4	-164,77	0,07	-13,08	0,01	57,36	-0,13
B34	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/5	52,16	-0,38	7,98	0,00	9,11	-0,48
B34	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/2	-113,43	-0,92	68,22	0,10	-140,49	0,15
B34	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/2	-116,03	1,56	49,89	0,01	-62,53	-1,53
B34	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/1	-145,02	1,07	-56,46	0,00	-26,35	1,43
B34	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-110,81	-0,54	84,50	0,06	-142,07	0,16
B34	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/20	23,06	0,43	-1,76	-0,04	27,21	-0,02
B34	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-111,84	-0,75	77,81	0,08	-145,31	0,16
B34	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/1	-95,62	-0,01	4,34	0,00	69,20	-0,05
B34	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/2	-150,25	1,21	-39,53	0,00	-26,35	1,57
B35	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/1	-128,97	-0,01	-4,90	-0,03	43,08	0,02
B35	Příčel - I + Iw prom	5,070	CO1/35	62,77	-0,03	6,16	0,00	-6,85	0,00
B35	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/20	-6,11	-0,51	0,69	0,00	18,12	0,51
B35	Příčel - I + Iw prom	6,198	CO1/2	-118,63	1,15	-12,20	0,01	6,20	-0,26
B35	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/1	-110,46	1,05	-45,02	-0,01	-24,79	1,42
B35	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/1	-66,19	-0,15	68,79	0,04	-97,32	-0,22
B35	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/40	-67,15	-0,08	-4,43	-0,05	41,54	0,08
B35	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/39	7,32	0,05	1,26	0,06	-28,26	-0,09
B35	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/4	-56,97	-0,32	61,24	0,05	-97,72	-0,17
B35	Příčel - I + Iw prom	4,339	CO1/22	-74,94	0,05	-0,79	0,01	43,75	0,12
B35	Příčel - I + Iw prom	1,549	CO1/2	-49,12	1,08	33,49	0,02	-32,89	-1,09
B35	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/4	-117,78	1,14	-38,37	0,00	-25,76	1,53
B36	Příčel - I + Iw prom	0,000	CO1/44	-54,53	0,27	41,33	0,05	-68,37	0,07
B36	Příčel - I + Iw prom	7,747	CO1/4	97,69	1,17	32,37	-0,02	63,44	0,56
B36	Příčel - I + Iw prom	5,078	CO1/58	-6,23	-9,95	7,27	-0,41	7,60	-3,04
B36	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/60	47,93	10,13	-7,10	0,25	-11,55	-1,22
B36	Příčel - I + Iw prom	2,539	CO1/61	40,36	2,68	-31,95	0,09	-13,55	1,99
B36	Příčel - I + Iw prom	5,078	CO1/4	59,37	0,09	51,17	0,08	-47,90	0,19
B36	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/59	55,29	-9,92	-9,54	-0,53	-14,78	1,26
B36	Příčel - I + Iw prom	4,648	CO1/19	-25,41	9,95	2,76	0,49	7,23	-1,28
B36	Příčel - I + Iw prom	2,539	CO1/11	29,88	-7,28	7,48	-0,10	-9,68	3,18

Studentská verze

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B19, B20, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B31, B32, B33, B34, B35, B36

Kombinace : CO1

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B19	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/4	7,747	0,83	0,83	0,83
B20	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	4,648	1,27	0,54	1,27
B21	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,928	1,94	1,48	1,94
B22	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,928	2,26	2,10	2,26
B23	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,928	2,33	2,28	2,33
B24	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,928	2,25	2,17	2,25
B25	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	0,928	2,00	1,54	2,00
B26	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	4,648	1,41	0,55	1,41
B27	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/4	7,747	0,81	0,81	0,81
B28	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/4	7,747	0,83	0,83	0,83
B29	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	4,648	1,40	0,54	1,40
B30	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,928	2,01	1,48	2,01
B31	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,928	2,21	2,10	2,21
B32	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,928	2,28	2,28	2,21
B33	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,928	2,32	2,17	2,32
B34	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/2	0,928	1,97	1,54	1,97
B35	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/1	4,648	1,29	0,55	1,29
B36	Příčel - I + Iw prom	S 355	CO1/4	7,747	0,81	0,81	0,81

Prvek B18	7,747 m	IPE200	8 366	CO1	0,83 -
-----------	---------	--------	-------	-----	--------

Dílčí soub. spolehlivost	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 7.747 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	100,75	kN
Vy,Ed	1,14	kN
Vz,Ed	33,23	kN
T,Ed	-0,03	kNm
My,Ed	64,83	kNm
Mz,Ed	0,54	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	28,39
Třída 1 limit	67,59
Třída 2 limit	77,91
Třída 3 limit	133,10

=> vnitřní tlačené části třída 1

Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,14
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,26

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

Vlastnosti průřezu

A	2,850000e+003 mm ²	Az/A	0,402
Ay/A	0,622	Iz	1,420000e+006 mm ⁴
Iy	1,943000e+007 mm ⁴	It	6,980000e+004 mm ⁴
Iyz	-5,082198e-009 mm ⁴		
Iw	1,300000e+010 mm ⁶		
Wy	1,940000e+005 mm ³	Wyz	2,850000e+004 mm ³
Wpy	2,210000e+005 mm ³	Wpz	4,460000e+004 mm ³
cy	100,00 mm	cz	50,00 mm
dy	0,00 mm	dz	0,00 mm

Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	2,8500e+03	m ²
Npl,Rd	1011,75	kN
Nu,Rd	1005,48	kN
NLRd	1005,48	kN
Jedn. posudek	0,10	-

Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	2,2100e+04	m ³
Mpl,y,Rd	78,45	kNm
Jedn. posudek	0,83	-

Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	4,4600e+05	m ³
Mpl,z,Rd	15,83	kNm
Jedn. posudek	0,03	-

Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,4016e-03	m ²
Vpl,z,Rd	287,27	kN
Jedn. posudek	0,12	-

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	3,1	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	78,45	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	15,83	kNm
Beta	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,68 + 0,03 = 0,72 -

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

Její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

Její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	28,39
Třída 1 limit	67,59
Třída 2 limit	77,91
Třída 3 limit	133,10

=> vnitřní tlačené části třída 1

Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,14
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,26

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze		

Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu Wpl,y	2,2100e-04	m ³
Průžný kritický moment M _{cr}	233,76	kNm
Poměrná štíhlost Lambda _{rel,LT}	0,58	
Mezní štíhlost Lambda _{rel,LT,0}	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce Alpha _{LT}	0,34	
Součinitel klopení Beta	0,75	
Redukční součinitel Chi _{LT}	0,93	
Opravný součinitel kc	0,78	
Opravný součinitel kc	0,90	
Modifikovaný redukční součinitel Chi _{LT,mod}	1,00	
Návrhová únosnost na vzpěr Mb,Rd	78,45	kNm
Jedn. posudek	0,83	-

Parametry Mor		
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze		

Delka klopení l	1,549	m
Vliv polohy zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel kw	1,00	
Součinitel momentu na klopení C1	1,63	
Součinitel momentu na klopení C2	0,02	
Součinitel momentu na klopení C3	1,00	
Vzdálenost středu smyku d _z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z _g	0	mm
Konstanta monosymetrie beta _y	0	mm

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Parametry Mor		
Konstanta monosymetrie z _j	0	mm

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Poznámka: Opravný součinitel kc se určí podle C1.

Posudek ohybu a osového tahu

Podle EN 1993-1-3 článku 6.3

Návrhová tahová síla N _{Ed}	100,75	kN
Návrhový ohybový moment M _{y,Ed}	64,83	kNm
Návrhový ohybový moment M _{z,Ed}	0,54	kNm
Tahová únosnost N _{t,Rd}	1005,48	kN
Pevnost za ohybu M _{b,y,Rd}	78,45	kNm
Pevnost za ohybu M _{c,z,Rd,com}	15,83	kNm

Jednotkový posudek = $0,83 + 0,03 - 0,10 = 0,76$

Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	7,747	m
Stojina	nevzhužený	
Výška stojiny h _w	183	mm
Tloušťka stojiny t	6	mm
Materiálový součinitel epsilon	0,81	
Součinitel smykové korekce Eta	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h _w /t	32,68
Limit štíhlost stojiny	48,82

Poznámka: Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).
Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.