

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

D.1.2 – STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST 00 – ÚVOD A ZADÁNÍ

Konstrukční návrh ocelového komína
Structural design of a steel chimney

BC. DANIEL KALENSKÝ

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.
Konzultanti: Ing. Radek Pošta, Ph.D.

Praha, 2024

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité zdroje informací v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací v seznamu citované literatury.

V Praze dne 01.01.2024

.....

Bc. Daniel Kalenský

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Břetislavovi Židlickému, Ph.D. za odborné konzultace a užitečné rady při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Radkovi Poštovi, Ph.D. a společnosti Allcons a.s. za možnost spolupráce s výběrem tématu diplomové práce a rady z praxe v oblasti technologických staveb. Nakonec bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu při studiu na vysoké škole.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kalenský** Jméno: **Daniel** Osobní číslo: **460500**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh ocelového komínu

Název diplomové práce anglicky:

Steel chimney design

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D. katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **27.09.2023**Termín odevzdání diplomové práce: **15.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práceprof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedryprof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání_____
Podpis studenta

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Daniel KalenskýNázev diplomové práce: Návrh ocelového komínuZákladní část: Ocelové konstrukce podíl: 100 %Formulace úkolů: Stanovení zatížení na ocelový komín v Singapuru. Tvorba numerického modelu, návrh a posouzení hlavních nosných prvků, výkresová dokumentace včetně vybraných detailů, technická zpráva.

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá návrhem ocelové skořepinové konstrukce komína s příhradovým připojovacím krčkem k výměníku zpětného tepla. Specifikem zadání je umístění objektu v přímořské seizmické oblasti.

Tubus komína o celkové výšce 62 m a vnějším průměru 6 m je řešen jako skořepinová konstrukce. Skořepina má proměnnou tloušťku od 8 mm ve vrcholu až po 20 mm v patě. Vnější průměr zůstává konstantní. Výškově je konstrukce rozdělena do 2 m a 4 m úseků na jejichž rozmezí jsou umístěny výztuhy. V tubusu se nachází otvor vysoký 25 m s šířkou definovanou jako kruhová výseč pod úhlem 120°. Spodní hrana otvoru se nachází ve výšce 4 m nad terénem.

Na tubusu komína je umístěna dvojice totožných obslužných ochozů. Tyto ochozy jsou umístěny ve výšce 36 m a 60 m od terénu. Konstrukce obslužných ochozů se skládá z dvanácti shodných částí pravidelně rozmístěných okolo tubusu komína. Na vnějším příčném nosníku je umístěno zábradlí.

Na otvor v tubusu komína navazuje „připojovací krček“ o proměnné šířce 5,2 m až 13 m a celkové výšce 25 m. Tato část je řešena jako prostorová příhradová konstrukce. Ta se skládá z profilů lemujících otvor v tubusu komína, dále z bočních stěn a z dvojice příhrad, každé v jedné z čelních stěn. Konstrukci „připojovacího krčku“ z vnějšku uzavírají ocelové plechy.

Součástí práce je technická zpráva, statický výpočet a výkresová dokumentace, včetně detailu vybraných přípojení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocel, ocelová skořepina, komín, konstrukční návrh, seizmická oblast

ANNOTATION

The master thesis deals with the design of a steel shell chimney structure with a truss structure connection to the heat exchanger. The specificity of the assignment is the location of the building in a coastal seismic area.

The chimney with a total height of 62 m and a outer diameter of 6 m is designed as a shell structure. The shell has a variable thickness from 8 mm at the top to 20 mm at the base. The outer diameter remains constant. The height of the structure is divided into 2 m and 4 m sections with reinforcements between them. The tube contains a 25 m high opening with a width defined as a circular section at an angle of 120 degrees. The lower edge of the hole is 4 m above the ground.

A pair of identical service platform is located on the chimney tube. These platforms are located at a height of 36 m and 60 m from the ground. The structure of the service platforms consists of twelve identical sections regularly spaced around the chimney tube. A handrail is placed on the outer beam.

The opening in the chimney tube is attached to a „connecting neck“ with a variable width of 5,2 m to 13 m and a total height of 25 m. This section is designed as a space truss structure. It consists of the profiles lining the opening in the chimney tube, the side walls and a pair of trusses, each in one of the end walls. The „connecting neck“ structure is enclosed externally by metal sheets.

The work includes a technical report, a structural calculation and drawings, including details of selected connections.

KEYWORDS

Steel, steel shell, chimney, structural design, seismic area

1 PODKLADY

1.1 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Wind load:

wind area	I	v_b	22 m/s
Roughness parameter		z_0	0,050 m
Structure type 2		z_{min}	2 m
		c_D	1
		k_r	0,19
		k_f	1
		ρ	1,194 kg/m ³

Obrázek 1 – Zatížení větrem

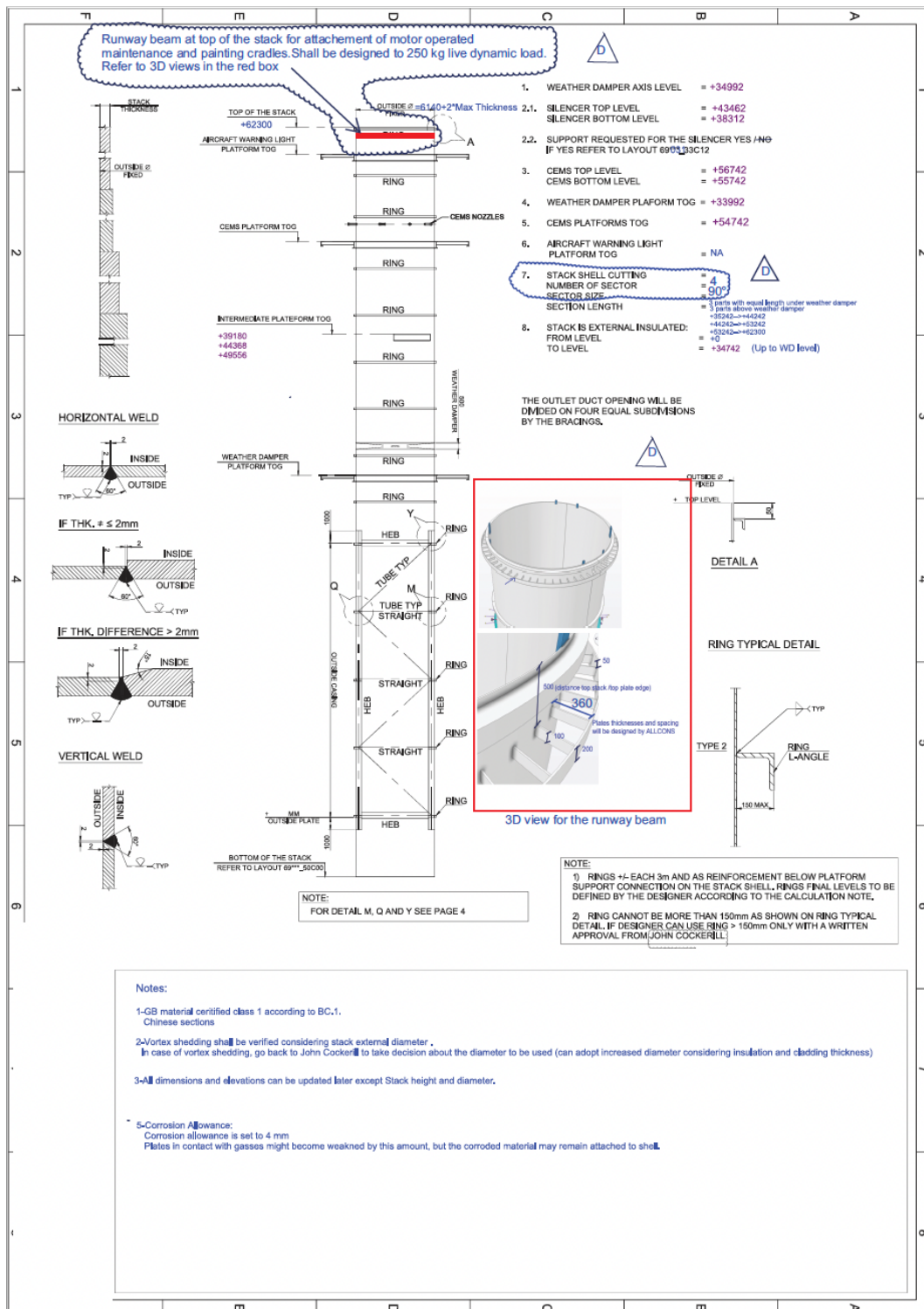
1.2 ZATÍŽENÍ SEIZMICITOU

Ground type C:

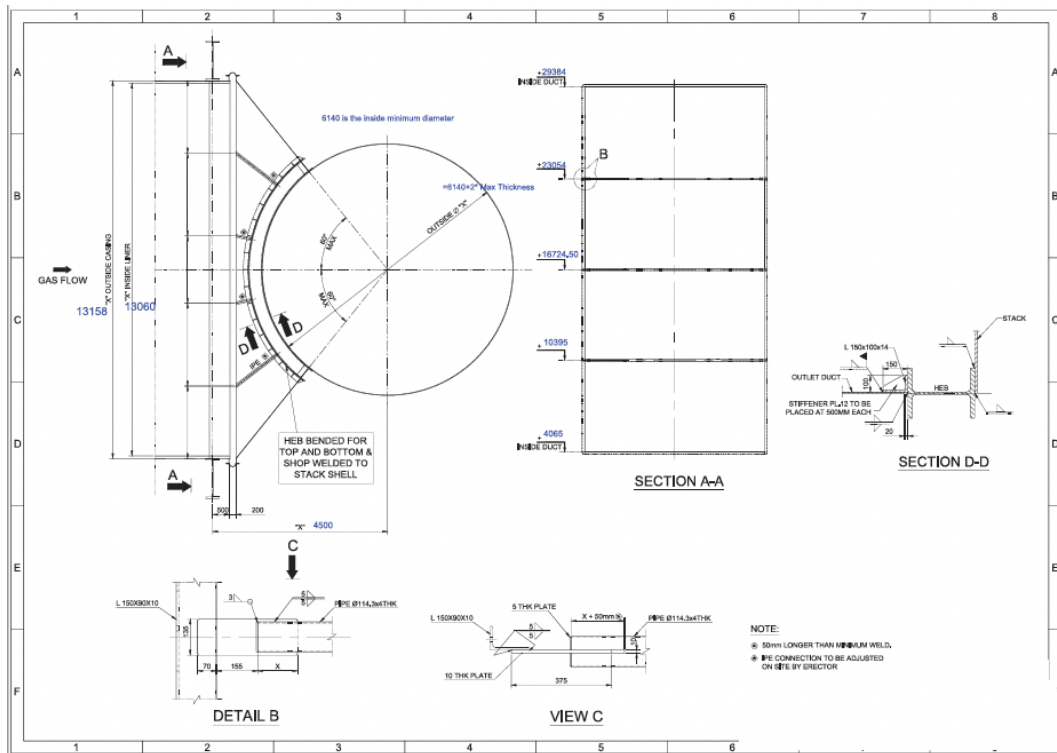
Ground Type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
C	1.6	0.4	1.1	10.4

Obrázek 2 – Zatížení seizmicitou

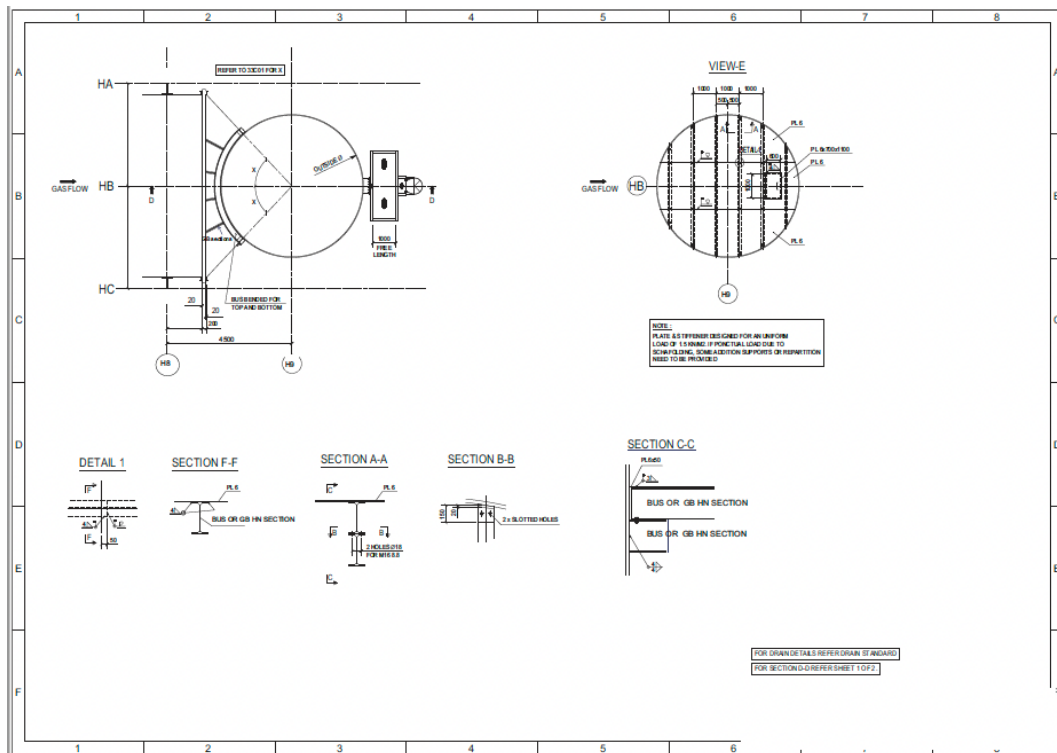
1.3 RÁMKOVÉ ŘEŠENÍ KONSTRUKCE



Obrázek 3 – Podklad 1



Obrázek 4 – Podklad 2



Obrázek 5 – Podklad 3

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

D.1.2 – STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST

01 – TECHNICKÁ ZPRÁVA

Konstrukční návrh ocelového komína

Structural design of a steel chimney

BC. DANIEL KALENSKÝ

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

Konzultanti: Ing. Radek Pošta, Ph.D.

Praha, 2024

OBSAH

1	PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	3
1.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	3
1.1.1	ÚDAJE O STAVBĚ.....	3
1.1.2	ÚDAJE O INVESTOROVÍ / STAVEBNÍKOVÍ.....	3
1.1.3	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O ZPRACOVATELI PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	3
1.2	ČLENĚNÍ STAVBY NA OBJEKTY A TECHNOLOGICKÉ ZAŘÍZENÍ	3
1.3	SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ, POUŽITÝCH NOREM A SOFTWAREŮ	4
1.3.1	SEZNAM VSTUPNÍCH OPDKLADŮ.....	4
1.3.2	POUŽITÉ NORMY.....	4
1.3.3	POUŽITÉ SOFTWAREY.....	4
2	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	5
2.1	POPIS ÚZEMÍ STAVBY.....	5
2.1.1	SITUACE ŠIRŠÍCH VSTAHŮ	5
2.2	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	6
2.2.1	POPIS KONSTRUKCE	6
2.2.2	HLAVNÍ NOSNÝ SYSTÉM (TUBUS KOMÍNA).....	6
2.2.3	NOSNÝ SYSTÉM OCHOZU.....	6
2.2.4	PODLAHOVÉ ROŠTY OCHOZU	6
2.2.5	NOSNÝ SYSTÉM PŘIPOJOVACÍHO KRČKU.....	6
2.2.6	ZÁBRADLÍ	6
2.2.7	ŽEBŘÍK.....	6
2.2.8	ZALOŽENÍ KONSTRUKCE.....	7
2.2.9	SPOJE	7
2.3	MATERIÁLY	7
2.3.1	OCEL S235J0W	7
2.3.2	ŠROUBY 8.8.....	8
2.4	TECHNOLOGIE PROVÁDĚNÍ	8
2.4.1	VÝROBA OCELOVÉ KONSTRUKCE	8
2.4.2	MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE.....	8
2.4.3	OCHRANA PROTI KOROZI.....	8

2.4.4	OCHRANA PROTI POŽÁRU.....	8
2.5	ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA OBJEKT.....	8
2.5.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	8
2.5.2	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	9
2.5.3	MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ.....	9
2.5.4	ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	9
2.5.5	ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	9
2.5.6	ZATÍŽENÍ SEIZMICKOU.....	9
2.5.7	DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ.....	9
2.5.8	ZATÍŽENÍ TEPLOTOU.....	9
2.5.9	CHEMICKÁ AGRESIVITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ OBJEKTŮ.....	9
2.6	ROBUSTNOST A ŽIVOTNOST KONSTRUKCE (ČSN EN 1990).....	10
2.6.1	ROBUSTNOST KONSTRUKCÍ.....	10
2.6.2	ŽIVOTNOST KONSTRUKCÍ.....	10
2.7	POŽADAVKY NA KONTROLU A PŘEJÍMKU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ.....	10
	A NA VÝROBU.....	10
2.8	PLÁN KONTROLY SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCÍ.....	10
2.8.1	ÚČEL NAVRHOVANÝCH KONTROL SPOLEHLIVOSTI NOSNÝCH KONSTRUKCÍ.....	10
2.8.2	DOKUMENTACE STAVBY.....	10
2.8.3	ZÁSADY ZATŘÍDĚNÍ KONSTRUKCÍ A STAVEB.....	11
2.8.4	KATEGORIE POUŽITELNOSTI OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ DLE DRUHU NAMÁHÁNÍ (ČSN EN 1090-2).....	12
2.8.5	KONTROLY SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCÍ.....	13
2.8.6	ZAŘAZENÍ OBJEKTŮ DO SKUPINY TŘÍD NÁSLEDKŮ PORUCHY.....	16
2.8.7	POŽADAVKY NA KONTROLU A PŘEJÍMKU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ, POŽADAVKY NA VÝROBU.....	16
2.9	DEFORMACE.....	16
2.10	KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ.....	17

1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1.1 ÚDAJE O STAVBĚ

Název: Konstrukční návrh ocelového komína

Zeměpisné umístění: Jihovýchodní Asie

Stát: Singapur

Kraj: Západní region Singapur

Výškové umístění: 10 m. n. m.

Charakter stavby: Novostavba

1.1.2 ÚDAJE O INVESTOROVÍ / STAVEBNÍKOVÍ

1.1.2.1 INVESTOR PROJEKTU

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6

IČO: 68407700

DIČ: CZ68407700

1.1.3 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE O ZPRACOVATELI PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

1.1.3.1 ZPRACOVATEL PROJEKTU

Bc. Daniel Kalenský

1.1.3.2 VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

1.1.3.3 KONZULTANT

Ing. Radek Pošta, Ph.D.

1.2 ČLENĚNÍ STAVBY NA OBJEKTY A TECHNOLOGICKÉ ZAŘÍZENÍ

Budova není členěna, sestává se z jednoho objektu SO 01.

1.3 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ, POUŽITÝCH NOREM A SOFTWAREŮ

1.3.1 SEZNAM VSTUPNÍCH OPDKLADŮ

- Zadání Allcons a.s.
- TUBULAR STEEL STRUCTURES Theory and Design
- Technical Manual 1 Design od Monopole Bases
- OCELOVÉ KONSTRUKCE Tabulky

1.3.2 POUŽITÉ NORMY

- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1 Zatížení stavebních konstrukcí
- ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1993-3 Stožáry, komíny
- NA to SS EN 1998-1:2013(2021) +A1:2021 - Singapore National Annex to Eurocode 8 : Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
- NA to SS EN 1991-1-4:2009 - Singapore National Annex to Eurocode 1: Actions on structures part 1-4: General actions – Wind actions
- ČSN 73 2604 (732604) Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb
- ČSN 03 8260 (038260) Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba
- ČSN EN 1090-1+A1:2012 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců

1.3.3 POUŽITÉ SOFTWARE

- SCIA Engineer 22.1
- AutoCAD 2022
- Microsoft Office

2 TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.1 POPIS ÚZEMÍ STAVBY

2.1.1 SITUACE ŠIRŠÍCH VSTAHŮ

Stavba se nachází v Jihovýchodní Asii ve státě Singapur. Jedná se o ostrov Jurong Island, který se nachází v západní oblasti. Jedná se o oblast s průmyslovými budovami.



Obrázek 1 – Situace širších vztahů [1]



Obrázek 2 – Situace širších vztahů [1]

2.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

2.2.1 POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o průmyslový ocelový komín pro výměník zpětného tepla v průmyslovém komplexu v Singapuru. Navazující budova výměníku není součástí tohoto projektu. Založení obou těchto objektů je řešeno společně a není součástí tohoto projektu. V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivé části řešené konstrukce komína.

2.2.2 HLAVNÍ NOSNÝ SYSTÉM (TUBUS KOMÍNA)

Tubus komína o celkové výšce 62 m a průměru 6 m je řešen jako skořepinová konstrukce. Skořepina má proměnnou tloušťku od 8 mm ve vrcholu až po 20 mm v patě. Vnější průměr zůstává konstantní. Výškově je konstrukce rozdělena do 2 m a 4 m úseků (viz. výkres komína) na jejichž rozmezí jsou umístěny výztuhy z válcovaných profilů typu IPE 200. V tubusu se nachází otvor vysoký 25 m s šířkou definovanou jako kruhová výseč pod úhlem 120°. Spodní hrana otvoru se nachází ve výšce 4 m nad terénem.

2.2.3 NOSNÝ SYSTÉM OCHOZU

Na tubusu komína je umístěna dvojice totožných obslužných ochozů o šířce 2 m s odsazením od tubusu komína o šířce 0,5 m. Tyto ochozy jsou umístěny ve výšce 36 m a 60 m od terénu. Konstrukce obslužných ochozů se skládá z dvanácti shodných částí pravidelně rozmístěných okolo tubusu komína. Každou část tvoří dvojice konzol válcovaných profilů typu IPE 160 a vzpěr z válcovaných kruhových trubek profilu TR 76/4. Mezi nimi se rozpínají tři příčné nosníky z válcovaného profilu IPE 140. Na vnějším příčném nosníku je umístěno zábradlí.

2.2.4 PODLAHOVÉ ROŠTY OCHOZU

Na ochozu se nachází pochozí plocha, kterou tvoří ocelové svařené podlahové rošty. Tyto rošty jsou podpírány příčnými nosníky ochozu.

2.2.5 NOSNÝ SYSTÉM PŘIPOJOVACÍHO KRČKU

Na otvor v tubusu komína navazuje připojovací krček o proměnné šířce 5,2 m až 13 m a celkové výšce 25 m. Tato část je řešena jako prostorová příhradová konstrukce. Ta se skládá z válcovaných profilů typu HEB 450 lemujících otvor v tubusu komína, dále z bočních stěn z válcovaných profilů typu IPE 140 a z dvojice příhrad, každé v jedné z čelních stěn z válcovaných kruhových trubek TR194/8. Konstrukci krčku z vnějšku uzavírají plechy tloušťky 10 mm.

2.2.6 ZÁBRADLÍ

Na konstrukci ochozů je umístěno ocelové svařované zábradlí výšky 1200 mm. Detailní řešení dle dodávky dodavatele.

2.2.7 ŽEBŘÍK

Žebříky tvořící přístup na jednotlivé ochozy jsou situovány na opačné straně komína, nežli je umístěn připojovací krček. Žebřík je ocelový a musí splňovat všechny bezpečnostní nařízení dle normy. Z důvodu jejich polohy a stabilizačního účinku na konstrukci jsou ve výpočetním modelu zanedbány. Návrh žebříku není součástí diplomové práce.

2.2.8 ZALOŽENÍ KONSTRUKCE

Založení konstrukce je po zhodnocení příslušných základových podmínek a zatěžovacích údajů řešeno jako hlubinné, a to prostřednictvím velko-průměrových vrtaných pilot. Paty pilot budou ukončeny v poloze dle geologických podmínek (ideálně zemina R5//R6), a to podle polohy a zatížení jednotlivých pilot.

Piloty budou provedeny jako monolitické ze železobetonu. Použitý cement musí splňovat požadavky uvedené v ČSN EN 197-1 ed. 2 a ČSN P 73 2404 (viz tabulka F.3). Obsah použitého síranuvzdorného cementu bude minimálně 360 kg/m³, vodní součinitel (poměr w/c) bude mít hodnotu maximálně 0,45 (viz ČSN EN 206+A1, tabulka F.1). Založení konstrukce není předmětem diplomové práce.

2.2.9 SPOJE

2.2.9.1 SVARY

Ve všech svařovaných spojích jsou použity koutové svary. Pro svary je použita ocel S235. Metoda svařování dle montážní dokumentace.

2.2.9.2 ŠROUBY

V celé konstrukci jsou použity šrouby materiálu 8.8. V konstrukci jsou použity hrubé šroubové spoje. Technika montování dle montážní dokumentace.

2.3 MATERIÁLY

2.3.1 OCEL S235J0W

2.3.1.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Hustota	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Modul pružnosti	$E = 210 \text{ GPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 80,7 \text{ GPa}$
Poissonovo číslo	$\nu = 0,3$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m0} = 1,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m1} = 1,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m2} = 1,25$

2.3.1.2 POUŽITÍ MATERIÁLU

- Skořepina komína
- Ochozy komína
- Připojovací krček komína

2.3.2 ŠROUBY 8.8

2.3.2.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Mez kluzu $f_{yb} = 235 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_{ub} = 360 \text{ MPa}$

2.4 TECHNOLOGIE PROVÁDĚNÍ

Při provádění konstrukcí budou dodržovány technologické podmínky dodavatelů materiálů a následující podmínky:

2.4.1 VÝROBA OCELOVÉ KONSTRUKCE

Pro ocelové konstrukce je uvažována korozní expozice C5.

2.4.2 MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE

Ocelová konstrukce se na staveništi montuje podle montážní dokumentace, která obsahuje: projekt ocelové nosné konstrukce, způsob jejího uložení, pracovní postup stykování částí konstrukce, výrobní a montážní výkresy, statický výpočet, výkaz materiálů a výkaz dílců. Montáž postupuje od zdola nahoru, a to tedy nejdříve se začíná základy, pak svislou nosnou konstrukcí a vodorovnou nosnou konstrukcí. Konstrukce musí být ve všech fázích montáže být schopná přenášet zatížení, kterým může být vystavěna během montáže, a to například zatížení větrem či nahodilým zatížením. Během celého procesu musí být dodržováno BOZP.

2.4.3 OCHRANA PROTI KOROZI

Všechny ocelové konstrukce budou proti korozi chráněny nátěry, nátěrový systém bude zvolen dle výrobce, min. tl. nátěrového systému bude 160 mikronů (korozní agresivita prostředí kat.C5 dle ČSN EN ISO 12944), povrch bude ošetřen tryskáním (dle ČSN ISO 8501-1).

2.4.4 OCHRANA PROTI POŽÁRU

Požární odolnost by se měla posoudit dle normy ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových

konstrukcí – Část 1.2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Požární odolnost dle stavební části projektové dokumentace.

2.5 ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA OBJEKT

Přesná velikost zatížení je vypsána dále ve statickém výpočtu. Objekt bude zatížen tímto zatížením:

2.5.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Vychází z vlastní tíhy nosné konstrukce a z tíhy použitých přídatných konstrukcí. Přesná specifikace zatížení je uvedena dále ve statickém výpočtu.

- Svařované podlahové rošty na ochozu: $0,60 \text{ kN/m}^2$
- Zábradlí na ochozu: $0,25 \text{ kN/m}$

- Tlumič hluku: 2,12 kN/m
- Izolace: 2,02 kN/m
- Korozní úbytek: 1,28 kN/m
- Pojistná klapka: 3,71 kN/m

Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991-1-1. Součinitel zatížení pro stálá zatížení je $\gamma_a=1,35$.

2.5.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

- Ochozy: 5,00 kN/m²
- Potrubní tlak – provozní stav: 0,51 kN/m²

Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991-1-1. Součinitel zatížení pro užitná zatížení je $\gamma_a=1,50$.

2.5.3 MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ

Mimořádné zatížení je zadáno z důvodu mimořádné poruchy

- Potrubní tlak – poruchový stav 3,00 kN/m²
- Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991-1-1. Součinitel zatížení pro mimořádná zatížení je $\gamma_a=1,00$.

2.5.4 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

V dané lokalitě se zatížením sněhem neuvazuje

2.5.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Bude uvažováno podle ČSN EN 1991-1-4. Objekt se bude nacházet v Singapuru. Výchozí základní rychlosti větru je pro tuto oblast je $v_{b,0} = 20$ m/s, nicméně na požadavek zadavatele je počítáno s vyšší rychlostí, a to $v_{b,0} = 22$ m/s.

2.5.6 ZATÍŽENÍ SEIZMICITOU

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN EN 1998-1-1 v seismické oblasti, ve které se uvažuje normová hodnota zrychlení podloží $a_{gR} = 0,175$ m/s².

2.5.7 DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ

V objektu nebude instalováno žádné nestandardní technologické zatížení, které by vyvozovalo dynamické účinky na nosné konstrukce.

2.5.8 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

Zatížení teplotou je uvažováno v souladu s ČSN EN. Z hlediska teplotního namáhání vnitřních konstrukcí se vzhledem k charakteru uvažovaného provozu neuvazuje zvýšená teplota vnitřního prostředí, která by svými hodnotami vedla k nutnosti výpočtu s uvažováním zatížení konstrukcí teplotou.

Výpočet byl proveden při uvažování klasické návrhové referenční teploty 20°C.

2.5.9 CHEMICKÁ AGRESIVITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ OBJEKTŮ

Samotný technologický provoz v obou hlavních objektech neprodukuje chemicky agresivní látky, které by přišly do styku s nosnými konstrukcemi a mohly mít negativní účinky na jejich únosnost a trvanlivost.

2.6 ROBUSTNOST A ŽIVOTNOST KONSTRUKCE (ČSN EN 1990)

2.6.1 ROBUSTNOST KONSTRUKCÍ

Požadavek na zvýšenou robustnost konstrukcí byl součástí požadavků objednatele. Jedná se o požadavek na větší zatížení větrem. Nosné konstrukce bude navržena na tento požadavek dle platných norem.

2.6.2 ŽIVOTNOST KONSTRUKCÍ

Objekty jsou vzhledem k danému účelu provozu zařazeny do kategorie 5. návrhové životnosti, která odpovídá 100 letům. Tato návrhová životnost konstrukcí koresponduje s dlouhou dobou návratu uvažovaných klimatických zatížení. Nosné konstrukce jsou navrženy se základní životností 100 let.

2.7 POŽADAVKY NA KONTROLU A PŘEJÍMKU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ A NA VÝROBU

Kontrolu a přejímku zakrývaných konstrukcí provádí v rozsahu své působnosti osoba vykonávající stavební dozor, a to v součinnosti s dodavatelskou firmou a v souladu se zákonem č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), § 153, odst. 3.

Zhotovení a dodávka nosných konstrukcí se řídí požadavky uvedenými v ČSN EN 1090-1 „Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců“ a ČSN EN 1090-2 „Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce“. V případě odůvodněných přísnějších požadavků výrobních či montážních tolerancí, než jsou uvedeny v normách, budou tyto stanoveny v dalších stupních technické dokumentace (projektu pro provedení stavby a dokumentace dodavatelské).

2.8 PLÁN KONTROLY SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCÍ

2.8.1 ÚČEL NAVRHOVANÝCH KONTROL SPOLEHLIVOSTI NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

Kontroly spolehlivosti konstrukcí se obecně týkají stanovení všech hlavních zásad, které je nutno v rámci užívání stavby dodržovat. K tomu je nutné primárně stavbu či její jednotlivé objekty zařadit do kategorie tříd následků. Hlavním účelem kontrol spolehlivosti konstrukcí je zajistit bezpečné užívání stavby po celou dobu její životnosti.

2.8.2 DOKUMENTACE STAVBY

V souladu s požadavky §154 Stavebního zákona 183/2006 Sb. je vlastník stavby povinen mimo jiné:

Uchovávat po celou dobu trvání stavby: dokumentaci jejího skutečného provedení, rozhodnutí, osvědčení, souhlasy, ověřenou projektovou dokumentaci, popřípadě jiné důležité doklady týkající se stavby. Udržovat stavbu a zařízení po celou dobu její existence. Umožnit a zajistit kontrolní prohlídky stavby.

Pro účely kontroly a údržby slouží dokumentace pro provádění stavby a dokumentace skutečného provedení stavby v rozsahu dle příslušného předpisu (vyhláška 499/2006 Sb. a 62/2013 Sb.). V případě neúplnosti této dokumentace musí být k dispozici alespoň „náhradní dokumentace“ v rozsahu čl. 5.3 normy ČSN 73 2604.

2.8.3 ZÁSADY ZATŘÍDĚNÍ KONSTRUKCÍ A STAVEB

V následujících kapitolách jsou uvedeny obecné zásady zatřídění staveb, objektů či konstrukcí. Konkrétní zatřídění objektů stavby do tříd následků poruchy je uvedeno v poslední kapitole této části zprávy.

2.8.3.1 NÁVRHOVÁ ŽIVOTNOST A TRVANLIVOST (ČSN EN 1990)

Stanovení informativní kategorie návrhové životnosti s ohledem na doporučení uvedená v následující tabulce a dále s ohledem na požadavky zákazníka.

Kategorie návrhové životnosti	Informativní návrhová životnost (v letech)	Příklady
1	10	Dočasné konstrukce
2	10 až 25	Vyměnitelné konstrukční části, například jeřábové nosníky
3	15 až 30	Zemědělské a obdobné stavby, stavby pro energetiku, věže a stožáry
4	50	Budovy obytné, občanské a další běžné stavby, budovy pro výrobu a služby, pro těžbu paliv a rud, vodojemy a zásobníky, vodní hospodářství
5	100	Mosty a jiné inženýrské konstrukce
6	120	Monumentální stavby, tunely, tunelové podzemní objekty, hráze

Tabulka 1 – Kategorie návrhové životnosti

Trvanlivost stavby je dána zatříděním konstrukce do návrhové životnosti a odpovídá tedy stejnému časovému úseku. Konstrukce musí během této zvolené doby (zařazení inženýrské stavby: 5. kategorie životnosti, 100 let) plnit všechny svoje statické funkce tak, aby nebyla narušena provozuschopnost.

Při uvažování doby návratu klimatických zatížení, počtů cyklů dynamických zatížení apod. se pak tento časový úsek uvažuje shodně s dobou návrhové životnosti.

2.8.3.2 DEFINICE TŘÍD NÁSLEDKŮ (ČSN EN 1990, ČSN EN 1991-1-7)

Základní stanovení třídy následků poruchy nebo funkční nezpůsobilosti stavby dáno následující tabulkou

Třídy následků	Popis	Příklady pozemních a inženýrských staveb
CC3	Velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo velmi významné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí	Stadiony, budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruchy vysoké (např. koncertní sály)
CC2	Střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí	Obytné a administrativní budovy a budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruchy středně závažné (např. kancelářské budovy)
CC1	Malé následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo malé/zanedbatelné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí	Zemědělské budovy, kam lidé běžně nevstupují (např. budovy pro skladovací účely, skleníky)

Tabulka 2 – Třídy následků

Podrobnější stanovení třídy následků pozemních staveb je možno určit dle následující tabulky.

Třída následků CC	Příklady kategorizace podle typů pozemních staveb a jejich používání
1 Malá	Samostatné obytné domy do 4 podlaží. Zemědělské stavby.

	Stavby s občasným výskytem osob za předpokladu, že každá část takové stavby je vzdálena od další obytné budovy nebo oblasti navštěvované lidmi alespoň o 1,5násobek výšky stavby
2a Střední skupina menšího rizika	Samostatné 5 podlažní obytné domy. Hotely do 4 podlaží. Budovy s byty, apartmány a další rezidenční budovy do 4 podlaží Administrativní budovy do 4 podlaží. Průmyslové stavby do 3 podlaží. Obchodní plochy do 3 podlaží, s plochou každého podlaží max. 1.000 m ² Školné zařízení o 1 podlaží Veškeré budovy nepřesahující 2 podlaží, kde je povolen vstup veřejnosti a plochy jednotlivých podlaží je nanejvýš 2.000 m ²
2b Střední skupina většího rizika	Hotely, budovy s byty, apartmány a další obytné budovy vyšší než 4 podlaží, avšak nejvýše 15 podlažní Školná zařízení vyšší než 1 podlaží, avšak nejvýše 15 podlažní Obchodní plochy vyšší než 3 podlaží, avšak nanejvýš 15 podlažní Nemocnice do 3 podlaží Administrativní budovy vyšší než 4 podlaží, avšak nanejvýš 15 podlažní. Všechny budovy s přístupem veřejnosti a s plochou podlaží větší než 2.000 m ² , avšak na každém podlaží nanejvýš 5.000 m ² . Parkoviště nanejvýš 6 podlažní
3 velká	Všechny stavby, které přesahují omezení ploch jednotlivých podlaží a jejich počtu ve třídách následků 2a 2b Všechny stavby, kde se shromažďuje značný počet osob Stadióny s více než 5.000 diváky Stavby s nebezpečnými látkami nebo technologickými procesy

Tabulka 3 - Třídy následků

2.8.4 KATEGORIE POUŽITELNOSTI OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ DLE DRUHU NAMÁHÁNÍ (ČSN EN 1090-2)

Stanovení zatřídění ocelových konstrukcí s ohledem na typ zatížení dle následující tabulky

Kategorie	Kritéria
SC1	Konstrukce a dílce navržené pouze na kvazistatické zatížení Konstrukce a dílce s přípoji navržené pro seizmické zatížení s nízkou aktivitou Konstrukce a dílce navržené na únavové zatížení od jeřábů – třída S ₀
SC2	Konstrukce a dílce navržené na únavu (mosty, jeřáby S ₁ -S ₉ , konstrukce zatížené vibracemi od větru, konstrukce zatížené davem lidí, konstrukce zatížené rotačním strojem)

Tabulka 4 – Kategorie použitelnosti

2.8.4.1 VÝROBNÍ KATEGORIE OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ DLE ZPŮSOBU PROVÁDĚNÍ (ČSN EN 1090-2)

Stanovení zatřídění ocelových konstrukcí s ohledem na způsob jejího provádění dle následující tabulky

Kategorie	Kritéria
PC1	Nesvařované dílce z výrobků jakékoliv pevnostní třídy oceli Svařované dílce z výrobků z oceli nižší pevnosti než S 355
PC2	Svařované dílce vyrobené z výrobků z oceli třídy S 355 a vyšší Základní dílce pro celistvost konstrukce, svařované na staveništi Dílce tvářené za tepla nebo tepelně zpracované během výroby Dílce příhradových nosníků z kruhových dutých průřezů CHS, vyžadující tvarově řezané konce

Tabulka 5 – Výrobní kategorie

2.8.4.2 STANOVENÍ TŘÍDY PROVEDENÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ (ČSN EN 1090-2)

Stanovení třídy provedení ocelových konstrukcí s ohledem na kombinace třídy následků, kategorie použitelnosti a výrobní kategorie dle následující tabulky třídy provedení **EXC 3**.

Třídy následků		CC1		CC2		CC3	
Kategorie použitelnosti		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Výrobní kategorie	PC1	EXC 1	EXC 2	EXC 2	EXC 3	EXC 3 ^a	EXC 3 ^a
	PC2	EXC 2	EXC 2	EXC 2	EXC 3	EXC 3 ^a	EXC 4

^a EXC 4 se použije na speciální konstrukce nebo konstrukce s extrémními následky při porušení podle požadavků národních ustanovení, (většina jeřábových drah bude zařazena do třídy EXC 3)

Tabulka 6 – Třída provedení

Zařazení ocelových konstrukcí do tříd provedení je uvedeno v příslušných kapitolách této zprávy.

2.8.4.3 STANOVENÍ STUPNĚ KOROZNÍ AGRESIVITY ATMOSFÉRY OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ (ČSN EN ISO 12944-2)

Informativní tabulka pro zařazení ocelových konstrukcí do příslušného stupně korozní agresivity C

Stupně korozní agresivity	Příklady typických prostředí mírných klimatických pásem	
	Venkovní	Vnitřní
C1 Velmi nízká	----	Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C2 Nízká	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 Střední	Městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým, přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin, prádelny, pivovary, mlékárny
C4 Vysoká	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s mírnou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5-I Velmi vysoká (průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5-M Velmi vysoká (přimořská)	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tabulka 7 – Stupeň agresivity prostředí

Přiřazení stupně korozní agresivity pro ocelové konstrukce je uvedeno v příslušných kapitolách této zprávy.

2.8.5 KONTROLY SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCÍ

Způsob, intenzita kontroly a údržby a jejich četnosti závisí na zvolené spolehlivosti, druhu namáhání a účelu, ke kterému jsou konstrukce určeny.

2.8.5.1 DOKUMENTACE A PŘEDPISY PRO KONTROLY KONSTRUKCÍ

2.8.5.1.1 PROVOZNÍ DOKUMENTACE

Provozní dokumentace stavby obsahuje zejména zápisy o provedených prohlídkách, protokoly o provedených zkouškách a zápisy či předávací protokoly o provedených činnostech v rámci údržby v níže uvedeném rozsahu:

2.8.5.1.2 ZÁPISY O PROVEDENÝCH PROHLÍDKÁCH KONSTRUKCE

V zápisech budou uvedeny zejména údaje obsahující následující informace:

Účastníci kontroly, podklady ke kontrole, datum provedení, rozsah kontroly, přehled kontrolovaných konstrukcí, výsledek kontroly a případné návrhy opatření k nápravě.

2.8.5.1.3 PŘEDPIS PRO KONTROLU A ÚDRŽBU

Konstrukce zařazené do třídy následků CC3, stožáry a komíny ve třídě spolehlivosti 3, konstrukce výrazně dynamicky namáhané musí mít zpracován vlastní předpis pro kontrolu a údržbu, který určuje nutný rozsah a četnost kontrol i pravidelné údržby.

2.8.5.1.4 PROVOZNÍ A MANIPULAČNÍ ŘÁD

U pohyblivých konstrukcí a konstrukcí s řízenou změnou polohy a tvaru musí být součástí dokumentace provozní a manipulační řád konstrukce.

2.8.5.2 KONTROLY A PROHLÍDKY KONSTRUKCÍ

V souladu s platnou legislativou je majitel stavby je povinen zajišťovat cyklické kontroly a prohlídky konstrukcí.

Prohlídky a kontroly je oprávněna provádět pouze osoba s odpovídající kvalifikací pro daný typ úkonu. Podrobně jsou pro ocelové konstrukce následující prohlídky popsány v normě ČSN 73 2604.

2.8.5.2.1 DRUHY PROHLÍDEK KONSTRUKCÍ

2.8.5.2.1.1 VÝCHOZÍ (VSTUPNÍ) PROHLÍDKA

Prohlídka se provádí u nových konstrukcí v rámci jejich přejímky, případně u stávajících staveb v případě jejich stavebních úprav či změn souvisejících se změnou technologie.

Obsahem kontroly je soulad s projektovou dokumentací, úplnost a kvalita konstrukcí, stav antikorozi ochrany. Součástí prohlídky je i geodetické zaměření.

2.8.5.2.1.2 BĚŽNÁ PROHLÍDKA

Jedná se nejčastější druh prohlídky. V úvodu prohlídky je provedena kontrola souladu skutečného stavu, využívání a zatížení konstrukcí s údaji uvedenými v dokumentaci skutečného provedení stavby. Následuje vizuální prohlídka (případně s použitím jednoduchých nástrojů) a zaměřená zejména na:

- Nadměrné deformace, hlučnost či kmitání při provozu
- Kotvení konstrukcí
- Poškození prvků konstrukce či detailů styků (šrouby, čepy, svary)
- Stav antikorozi ochrany konstrukcí, stav korozních úbytků kovových prvků

- U dynamicky namáhaných konstrukcí se sleduje vznik trhlin, případně rozvoj existujících únavových trhlin
- Pro dynamicky namáhané konstrukce třídy následků CC3, komíny a stožáry třídy spolehlivosti 3 se provádí defektoskopická kontrola svarů a detailů vždy, a to v rozsahu daném předpisem pro jejich kontrolu a údržbu

2.8.5.2.1.3 PODROBNÁ PROHLÍDKA

Podrobná prohlídka obsahuje všechny úkony stanovené v „běžné“ prohlídce. Navíc se provede zaměření geometrického tvaru konstrukcí a stanoví se případné korozní úbytky ocelových prvků. U dynamicky namáhaných konstrukcí se provede defektoskopická kontrola svarů a detailů dle předpisu pro jejich kontrolu a údržbu či doporučení ve statickém výpočtu, a to bez ohledu na jejich zařazení do třídy následků.

2.8.5.2.1.4 MIMOŘÁDNÁ PROHLÍDKA

Mimo rámec cyklických běžných a podrobných prohlídek je nutno provést tento druh prohlídky konstrukcí po mimořádné události, která mohla způsobit poškození konstrukce.

Může se zejména jednat o požár, výbuch, úder blesku, pád břemene, náraz dopravního prostředku, poškození vandalismem, teroristický čin, povodeň či zaplavení, sesuv půdy, zemětřesení, nadměrný vliv větru (vichřice, tornádo, uragán), nespojitý pokles podloží v důsledku důlní činnosti aj.

2.8.5.2.1.5 SPECIÁLNÍ DRUHY KONTROL A ZKOUŠEK, PROHLÍDKY POUŽITELNOSTI

Jedná se zejména o kontroly a zkoušky konstrukcí, pro které je zpracován vlastní předpis pro kontrolu a údržbu. Níže jsou uvedeny některé případy konstrukcí a činností, kterých se speciální kontroly týkají.

- Statické a dynamické zatěžovací zkoušky
- Dlouhodobé monitorování změny tvaru konstrukcí (poddolování, dynamické strojní namáhání, ..)
- Kontroly strojních zařízení souvisejících s pohyblivými typy konstrukcí
- Kontroly kotvení technologických součástí komína
- Těsnosti svarů u konstrukcí s uzavřenými dutinami a průniky koroze dovnitř konstrukcí
- Kontroly opotřebení a souososti jeřábových kolejnic, sjetí nákoků
- Kontroly souvisejících stavebních dílců, pokud tyto mají vliv na staticko-konstrukční řešení

2.8.5.2.1.6 INTERVALY PROHLÍDEK

- U konstrukcí zařazených do třídy následků CC1 a CC2 se provádí běžná prohlídka 1x za 5 let a podrobná prohlídka 1x za 10 let (nebo dle doporučení běžné či mimořádné prohlídky)
- U konstrukcí zařazených do třídy následků CC3 a konstrukcí výrazně dynamicky namáhaných se provádí běžná prohlídka 1x ročně a podrobná prohlídka 1x za 5 let.
- Prohlídky konstrukcí pohyblivých tribun a zastřešení se provádějí nejméně 3x ročně
- Pro konstrukce stožárů a komínů se provádí první běžná prohlídka po 1 roce užívání dále pak nejpozději po 3 letech. Podrobné prohlídky těchto konstrukcí se provádějí minimálně 1x za 5 let
- Předpětí táhel a lan se kontroluje v rámci výchozí prohlídky a po roce provozu, další intervaly se určí na základě výsledků předchozích kontrol
- U konstrukcí s omezenou životností se navíc provedena prohlídka před ukončením předpokládané životnosti jednotlivých prvků

- Mimořádná prohlídka konstrukce by měla být provedena co možná nejdříve po mimořádné události

2.8.5.3 SPECIFICKÉ NÁROKY SOUVISEJÍCÍ S POJIŠTĚNÍM STAVBY

Výše uvedené zásady plánů kontrol a prohlídek nosných konstrukcí mohou být dále doplněny na základě smluvních požadavků pojišťovny ve smyslu zkrácení stanovených cyklů kontroly, nadstandardního rozsahu či zaměření prohlídky, nestandardního způsobu zaznamenání výsledků kontroly apod.

2.8.6 ZAŘAZENÍ OBJEKTŮ DO SKUPINY TŘÍD NÁSLEDKŮ PORUCHY

Na základě výše uvedených kritérií a na základě dohody s vlastníkem stavby jsou předmětné objekty jako stavebně – konstrukční celky zařazeny do tříd následků poruchy nebo funkční nezpůsobilosti takto:

Označení objektu	Název objektu	Třída následků poruchy (funkční nezpůsobilosti) objektu
SO 01	Ocelový komín	CC3 – Vysoká

Tabulka 8 – Třída následků poruchy

2.8.7 POŽADAVKY NA KONTROLU A PŘEJÍMKU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ, POŽADAVKY NA VÝROBU

Kontrolu a přejímku zakrývaných konstrukcí provádí v rozsahu své působnosti osoba vykonávající stavební dozor, a to v součinnosti s dodavatelskou firmou a v souladu se zákonem č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), § 153, odst. 3. ve znění účinném k 1.1.2018.

Zhotovení a dodávka nosných konstrukcí se řídí požadavky uvedenými v ČSN EN 13670 „Provádění betonových konstrukcí“ a dále v ČSN EN 1090-1 „Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců“ a ČSN EN 1090-2 „Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce“. V případě odůvodněných přísnějších požadavků výrobních či montážních tolerancí, než jsou uvedeny v normách, budou tyto stanoveny v dalších stupních technické dokumentace (projektu pro provedení stavby a dokumentace dodavatelské).

2.9 DEFORMACE

Deformace komína – $u_{max} \leq 1/50$ rozponu

Deformace ochozu (konzoly) – $u_{max} \leq 1/250$ rozponu

2.10 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Základní kombinaci zatížení jsou uvažována v souladu ČSN EN 1990 včetně zavedení redukčních součinitelů dle základní normy a Národního aplikačního dokumentu (NAD).

Základní kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Mimořádná kombinace pro mezní stav únosnosti

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Charakteristická kombinace pro mezní stav použitelnosti

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

ZDROJE:

- [1] Mapy.cz. (n.d.) .Mapy.cz. – dostupný z:
<https://mapy.cz/zakladni?source=osm&id=13886769&x=103.7362712&y=1.3426783&z=12>

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1 – Situace širších vztahů [1]	5
Obrázek 2 – Situace širších vztahů [1]	5

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1 – Kategorie návrhové životnosti.....	11
Tabulka 2 – Třídy následků	11
Tabulka 3 -Třídy následků	12
Tabulka 4 – Kategorie použitelnosti	12
Tabulka 5 – Výrobní kategorie	12
Tabulka 6 – Třída provedení	13
Tabulka 7 – Stupeň agresivity prostředí	13
Tabulka 8 – Třída následků poruchy	16

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

D.1.2 – STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST

02 – STATICKÝ VÝPOČET

Konstrukční návrh ocelového komína
Structural design of a steel chimney

BC. DANIEL KALENSKÝ

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

Konzultanti: Ing. Radek Pošta, Ph.D.

Praha, 2024

OBSAH

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	4
2	ÚVOD.....	5
2.1	OBSAH DOKUMENTACE	5
2.2	PODKLADY	5
2.3	NORMY PRO VYPRACOVÁNÍ	5
2.4	POUŽITÝ SOFTWARE	6
2.5	SOUŘADNÝ SYSTÉM	6
3	POPIS PROJEKTU.....	6
3.1	TUBUS KOMÍNA	6
3.2	OCHOZY.....	6
3.3	PŘIPOJOVACÍ KRČEK.....	6
3.4	ŽEBŘÍKY	7
4	VÝPOČETNÍ MODEL	7
4.1	POPIS MODELU	7
4.2	GLOBÁLNÍ MODEL.....	8
5	ZATÍŽENÍ.....	10
5.1	STÁLÁ ZATÍŽENÍ.....	10
5.1.1	VLASTNÍ TÍHA.....	10
5.1.2	SVAROVANÉ PODLAHOVÉ ROŠTY OCHOZU	10
5.1.3	ZÁBRADLÍ NA OCHOZU	11
5.1.4	TLUMIČ HLUKU	12
5.1.5	IZOLACE	13
5.1.6	KOROZNÍ ÚBYTEK.....	14
5.1.7	POJISTNÁ KLAPKA	15
5.2	UŽITNÁ ZATÍŽENÍ.....	16
5.2.1	UŽITNÉ ZATÍŽENÍ OCHOZŮ.....	16
5.2.2	POTRUBNÍ TLAK – PROVOZNÍ STAV	17
5.3	MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ	18
5.4	KLIMATICKÁ ZATÍŽENÍ	19
5.4.1	ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	19
5.4.2	ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	19
5.4.3	DYNAMICKÁ ZATÍŽENÍ.....	31
5.4.4	ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	31

5.4.5	ZATÍŽENÍ SEIZMICKOU	32
5.5	KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	34
6	MATERIÁLY	34
6.1	OCELOVÉ KONSTRUKCE	34
6.2	ZABUDOVANÉ PRVKY	34
7	POSOUZENÍ A VÝSLEDKY	34
7.1	MODÁLNÍ ANALÝZA	34
7.2	SKOŘEPINA	34
7.2.1	ROZDĚLENÍ TLOUŠTĚK SKOŘEPIN PO VÝŠCE KOMÍNA	34
7.2.2	SCHÉMA UMÍSTĚNÍ PRVKŮ SKOŘEPINY	36
7.2.3	PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ BĚŽNÝ STAV	37
7.2.4	PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ PORUCHOVÝ STAV	45
7.2.5	PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ SEIZMICKÁ	53
7.2.6	PRŮBĚH DEFORMACE	61
7.2.7	BOULENÍ	62
7.3	VÝZTUHY	70
7.3.1	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL	70
7.3.2	POSOUZENÍ VÝZTUH	73
7.4	OCHOZY	73
7.4.1	SCHÉMA A PŘEHLED PRVKŮ OCHOZŮ	73
7.4.2	PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL	74
7.4.3	PRŮBĚHY DEFORMACÍ	78
7.4.4	POSOUZENÍ KONZOLY	79
7.4.5	POSOUZENÍ PŘÍČNÉHO NOSNÍKU	79
7.4.6	POSOUZENÍ VZPĚRY	80
7.4.7	POROROŠT	81
7.4.8	SPOJE	81
7.5	PŘIPOJOVACÍ KRČEK	87
7.5.1	PŘEHLED PRVKŮ PŘIPOJOVACÍHO KRČKU	87
7.5.2	PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL	89
7.5.3	PRŮBĚHY DEFORMACÍ	98
7.5.4	POSOUZENÍ LEMOVÁNÍ OTVORU	102
7.5.5	POSOUZENÍ VNITŘNÍ DIAGONÁLY	103
7.5.6	POSOUZENÍ VNĚJŠÍ DIAGONÁLY	104

7.5.7	POSOUZENÍ BOČNÍCH ŽEBER	104
7.5.8	POSOUZENÍ VRCHNÍCH A SPODNÍCH ŽEBER	105
7.6	KOTVENÍ	106
7.6.1	SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ	106
7.6.2	NAMÁHÁNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ	106
7.6.3	VÝZTUHY	111
7.6.4	SVAR PATNÍ DESKY	111
7.6.5	PATNÍ PLECH	113
8	ZÁVĚR	116

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby: Ocelový komín

Část dokumentace: Stavebně konstrukční řešení

Místo stavby: Singapore

Investor: Fakulta stavební ČVUT
Thákurova 2077/7
166 29, Praha 6

Hlavní projektant: Bc. Daniel Kalenský

Datum zpracování: 01/2024

2 ÚVOD

NEDÍLNOU SOUČÁSTÍ STATICKÉHO VÝPOČTU JE VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.1 OBSAH DOKUMENTACE

Předmětem této dokumentace je návrh, posouzení a vypracování výkresové dokumentace nosných konstrukcí – ocelové skořepinové konstrukce komína, příhradové konstrukce připojovacího krčku a ochozů.

2.2 PODKLADY

- Zadání Allcons a.s.
- TUBULAR STEEL STRUCTURES Theory and Design
- Technical Manual 1 Design od Monopole Bases
- OCELOVÉ KONSTRUKCE Tabulky

2.3 NORMY PRO VYPRACOVÁNÍ

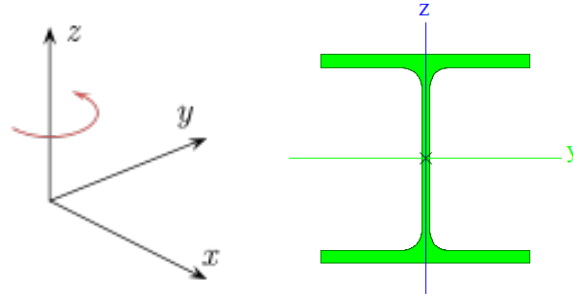
- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1 Zatížení stavebních konstrukcí
- ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1993-3 Stožáry, komíny
- NA to SS EN 1998-1:2013(2021) +A1:2021 - Singapore National Annex to Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
- NA to SS EN 1991-1-4:2009 - Singapore National Annex to Eurocode 1: Actions on structures part 1-4: General actions – Wind actions
- ČSN 73 2604 (732604) Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb
- ČSN 03 8260 (038260) Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba
- ČSN EN 1090-1+A1:2012 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců

2.4 POUŽITÝ SOFTWARE

- SCIA Engineer 22.1
- AutoCAD 2022
- Microsoft Office

2.5 SOUŘADNÝ SYSTÉM

Pro výpočty a vykreslování výsledků je uvažován pravotočivý kartézský souřadný systém. Střednice je uvažována na lokální osu X a v rovině průřezu jsou definovány osy Y a Z.



Obrázek 1 -Globální souřadný systém; Obrázek 2 – Lokální souřadný systém

3 POPIS PROJEKTU

Cílem tohoto projektu je statický návrh a posouzení průmyslového ocelového komína pro výměník zpětného tepla v průmyslovém komplexu v Singapuru. Navazující budova výměníku není součástí tohoto projektu. Založení obou těchto objektů je řešeno společně a není součástí tohoto projektu. V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé části řešené konstrukce komína.

3.1 TUBUS KOMÍNA

Tubus komína o celkové výšce 62 m a průměru 6 m je řešen jako skořepinová konstrukce. Skořepina má proměnnou tloušťku od 8 mm ve vrcholu až po 25 mm v patě. Výškově je konstrukce rozdělena do 4 m resp. 2 m úseků na jejichž rozmezí jsou umístěny výztuhy z válcovaných profilů typu IPE. V tubusu se nachází otvor vysoký 25 m s šířkou definovanou jako kruhová výseč pod úhlem 120° . Spodní hrana otvoru se nachází ve výšce 4 m nad terénem.

3.2 OCHOZY

Na tubusu komína je umístěna dvojice totožných obslužných ochozů o šířce 2 m s odsazením od tubusu komína o šířce 0,5 m. Tyto ochozy jsou umístěny ve výšce 36 m a 60 m od terénu. Konstrukce obslužných ochozů se skládá z dvanácti shodných částí pravidelně rozmístěných okolo tubusu komína. Každou část tvoří dvojice konzol válcovaných profilů typu IPE a vzpěr z válcovaných kruhových trubek. Mezi nimi se rozpínají tři příčné nosníky z válcovaných IPE profilů. Příčné nosníky podpírají svařované podlahové rošty, které jsou pochozí vrstvou. Na vnějším příčném nosníku je umístěno zábradlí.

3.3 PŘIPOJOVACÍ KRČEK

Na otvor v tubusu komína navazuje připojovací krček o proměnné šířce 5,2 m až 13 m a celkové výšce 25 m. Tato část je řešena jako prostorová příhradová konstrukce. Ta se skládá z válcovaných profilů typu HEB lemujících otvor v tubusu komína, dále z bočních stěn

z válcovaných profilů typu IPE a z dvojice příhrad, každé v jedné z čelních stěn z válcovaných kruhových trubek. Konstrukci krčku z vnějšku uzavírají plechy tloušťky 10 mm.

3.4 ŽEBŘÍKY

Žebříky tvořící přístup na jednotlivé ochozy jsou situovány na opačné straně komína, nežli je umístěn přípojovací krček. Z důvodu jejich polohy a stabilizačního účinku na konstrukci jsou ve výpočetním modelu zanedbány.

4 VÝPOČETNÍ MODEL

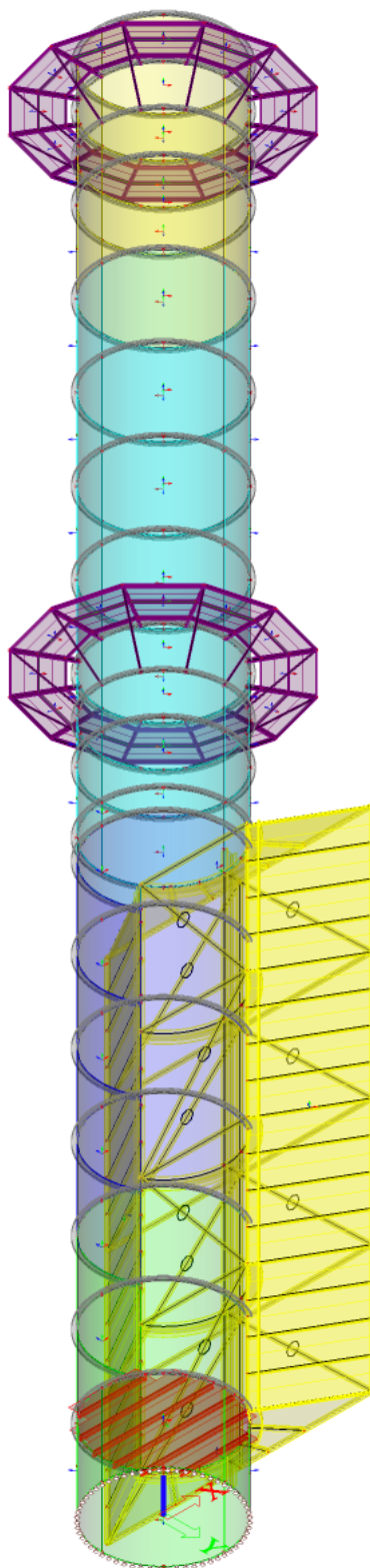
Pro návrh a posouzení nosných částí objektu byl v programu SCIA Engineer 22.1 vytvořen globální 3D model konstrukce zohledňující i založení objektu a veškeré účinky zatížení.

Pro návrh a posouzení jednotlivých stýčniců a kotvení konstrukce byly vytvořeny výpočty v MS Excel.

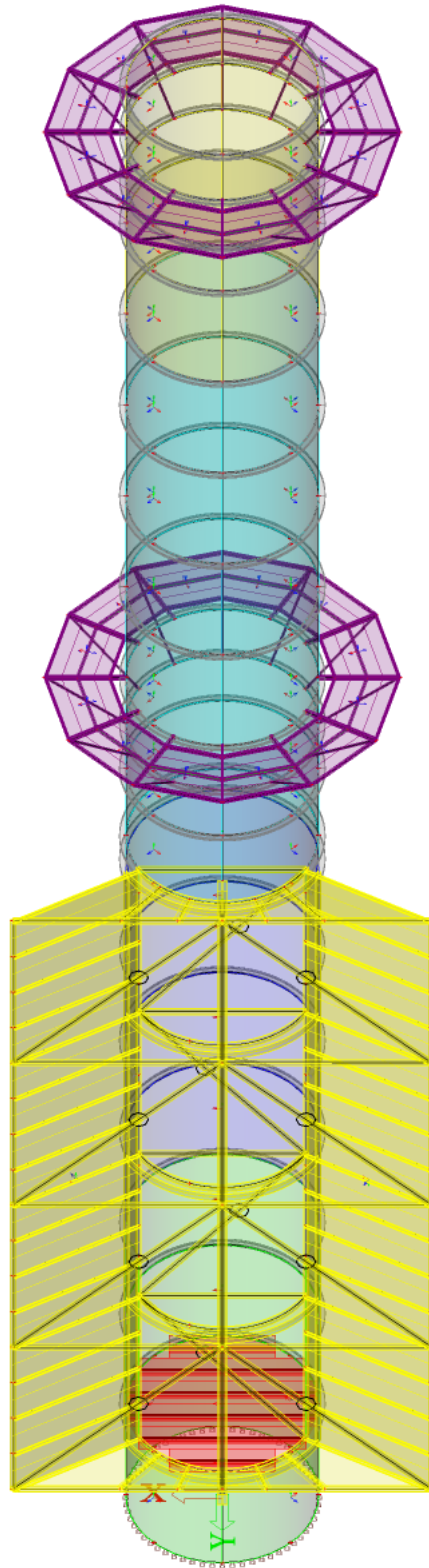
4.1 POPIS MODELU

3D globální model byl vytvořen v programu SCIA Engineer 22.1

4.2 GLOBÁLNÍ MODEL



Obrázek 3 – Axonometrický pohled na globální model



Obrázek 4 – Axonometrický pohled na globální model

5 ZATÍŽENÍ

Zatížení jsou uvažována v souladu s platnými normami a předpisy ČSN EN pro pozemní stavby.

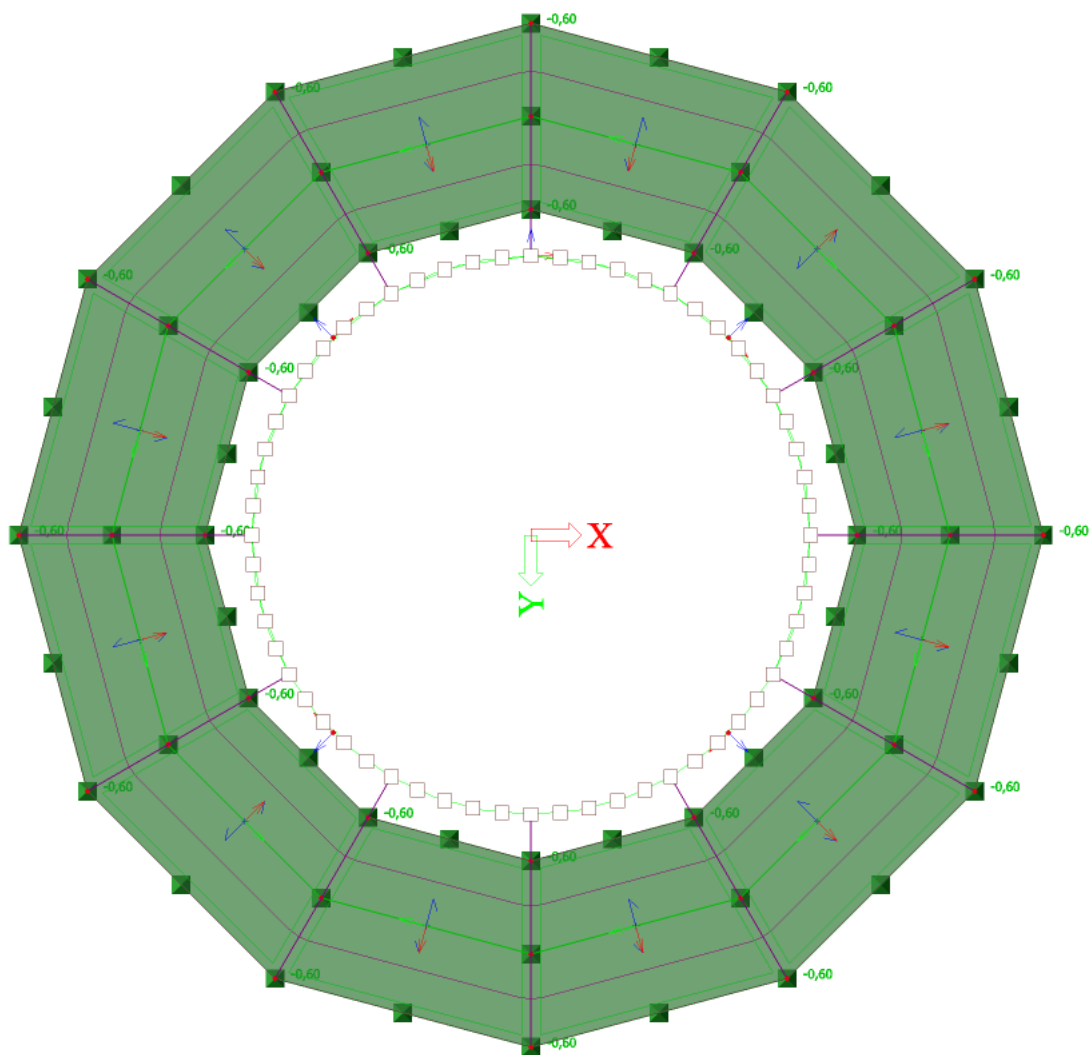
5.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ

5.1.1 VLASTNÍ TÍHA

V rámci návrhu a posouzení konstrukcí je zatížení vlastní tíhou definováno ve výpočetním modelu. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.

5.1.2 SVAŘOVANÉ PODLAHOVÉ ROŠTY OCHOZU

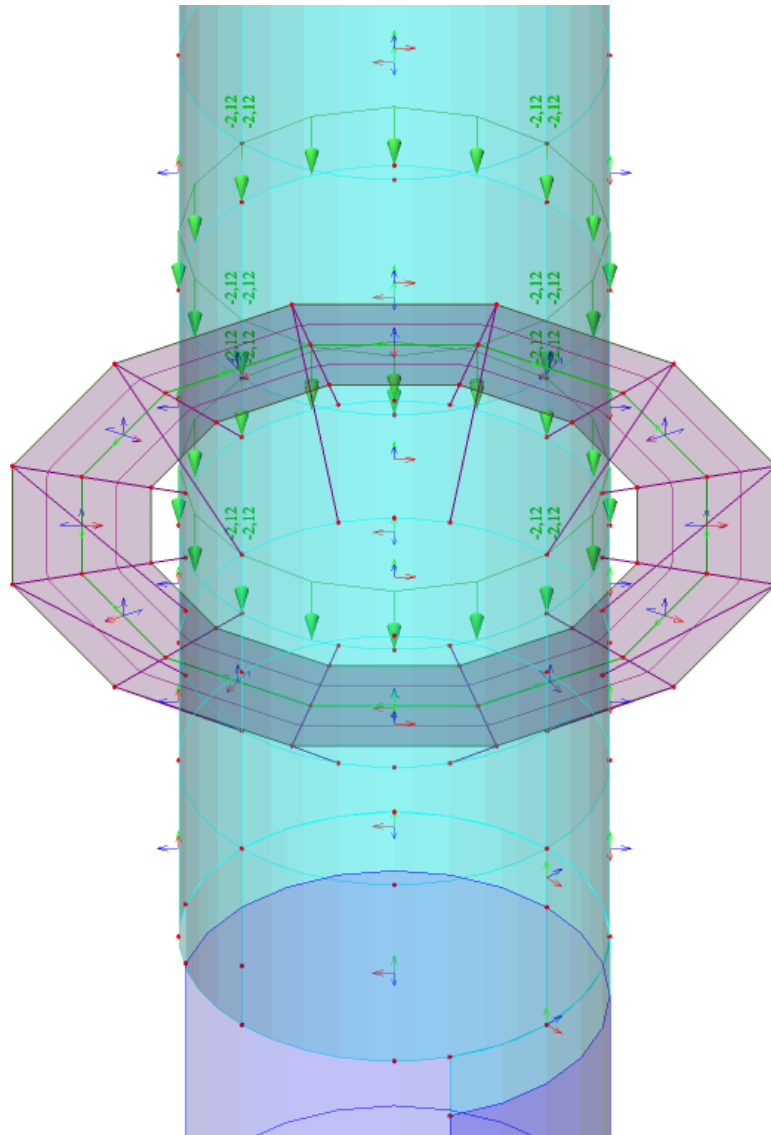
Pochozí vrstvu ochozů tvoří svařované podlahové rošty s intenzitou zatížení $0,6 \text{ kN/m}^2$. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.



Obrázek 5 – Svařované podlahové rošty na ochozu

5.1.4 TLUMIČ HLUKU

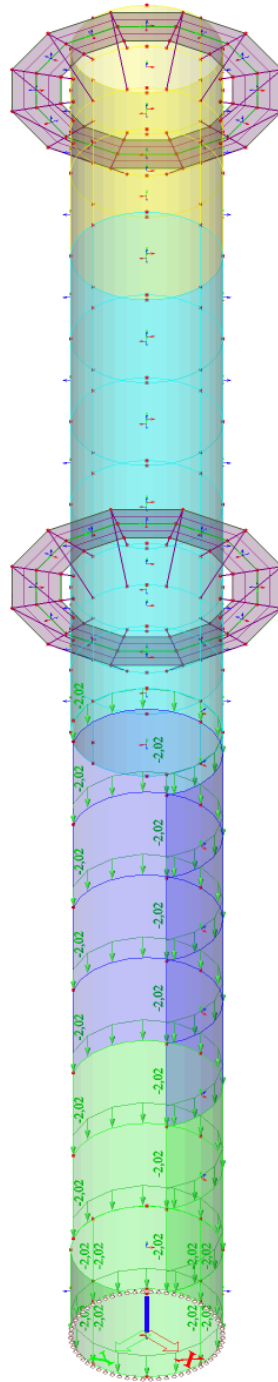
V konstrukci se nachází tlumič hluku, pro snížení akustických dopadů provozu na okolí. Do globálního modelu byl zadán tlumič hluku pouze jako liniové zatížení na každý úsek skořepiny o intenzitě $2,12 \text{ kN/m}'$ na dva nejbližší úseky skutečnému umístění tlumiče na konstrukci komína. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.



Obrázek 7 – Tlumič hluku

5.1.5 IZOLACE

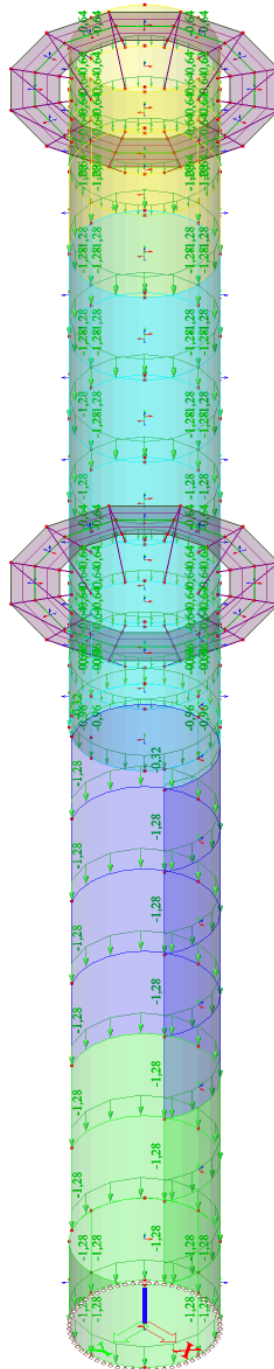
Spodní část konstrukce po horní hranu připojovacího krčku je izolována. Do globálního modelu byla izolace zadána pouze jako liniové zatížení na každý úsek skořepiny o intenzitě 2,02 kN/m'. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.



Obrázek 8 – Izolace komína

5.1.6 KOROZNÍ ÚBYTEK

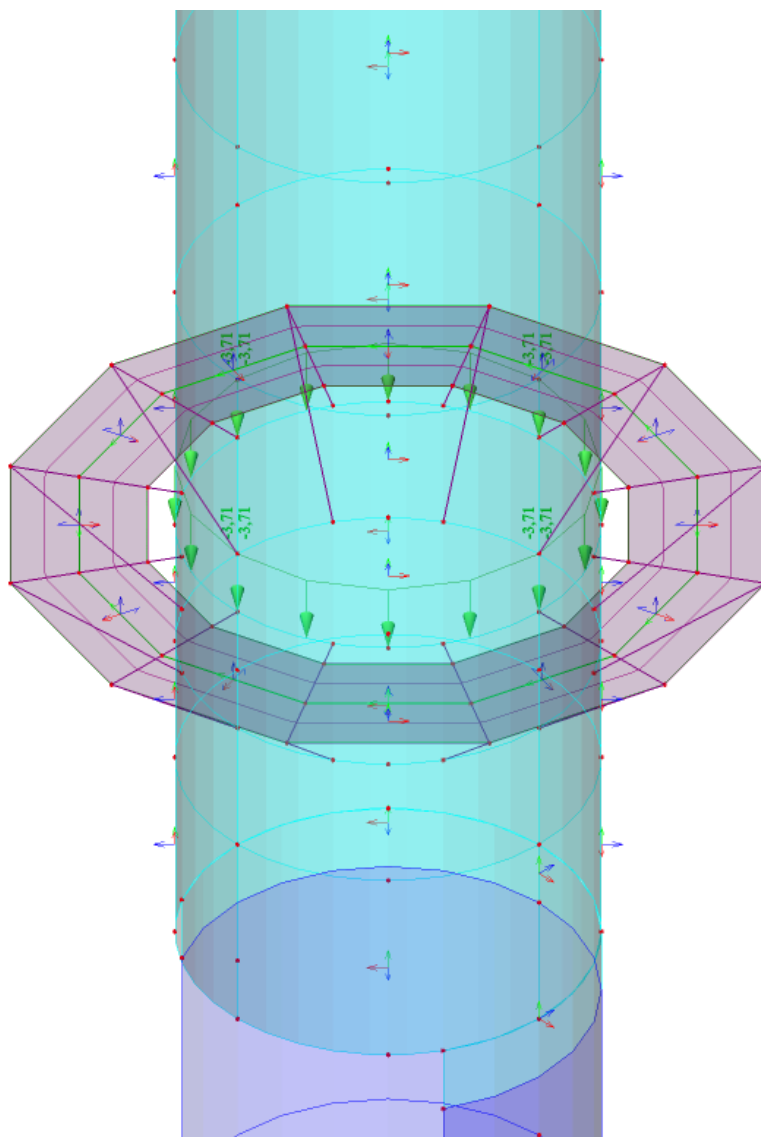
Vzhledem k přímořské poloze objektu je nutné uvažovat s korozním úbytkem. Pro tento návrh je definovaný korozní úbytek v tloušťce 4 mm. Do globálního modelu byla zadána oslabená konstrukce a korozní úbytek pouze jako liniové zatížení na každý úsek skořepiny o intenzitě 1,28 kN/m' pro každý standartní 4 m úsek. Pro kratší úseky je zatížení v příslušném poměru zmenšeno. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.



Obrázek 9 – Korozní úbytek

5.1.7 POJISTNÁ KLAPKA

V konstrukci se nachází pojistná klapka, kterou je možné uzavřít komín přibližně ve výšce dolního ochozu. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_G = 1,35$.



Obrázek 10 – Pojistná klapka

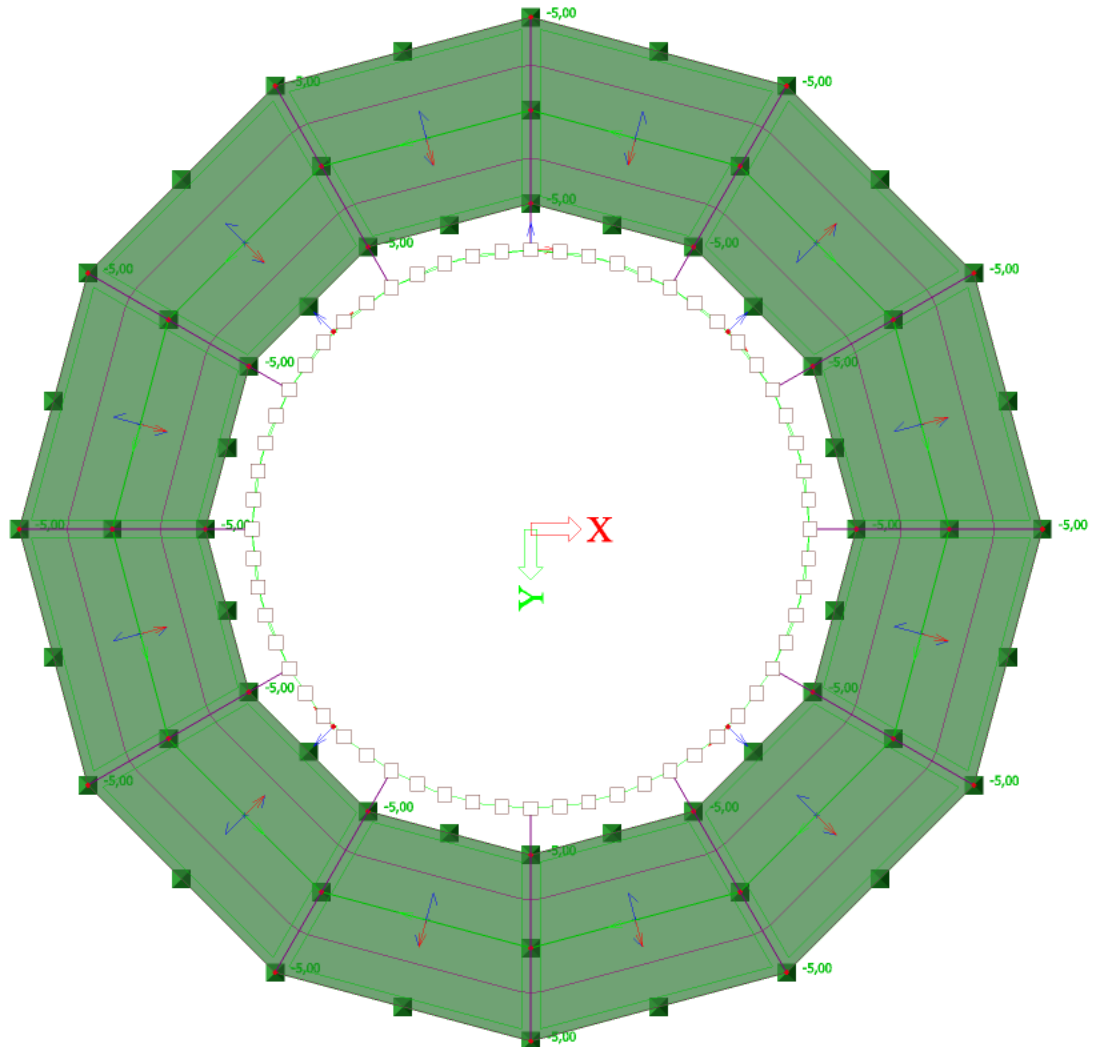
5.2 UŽITNÁ ZATÍŽENÍ

5.2.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ OCHOZŮ

Ochozy

5,00 kN/m²

Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_q=1,50$.

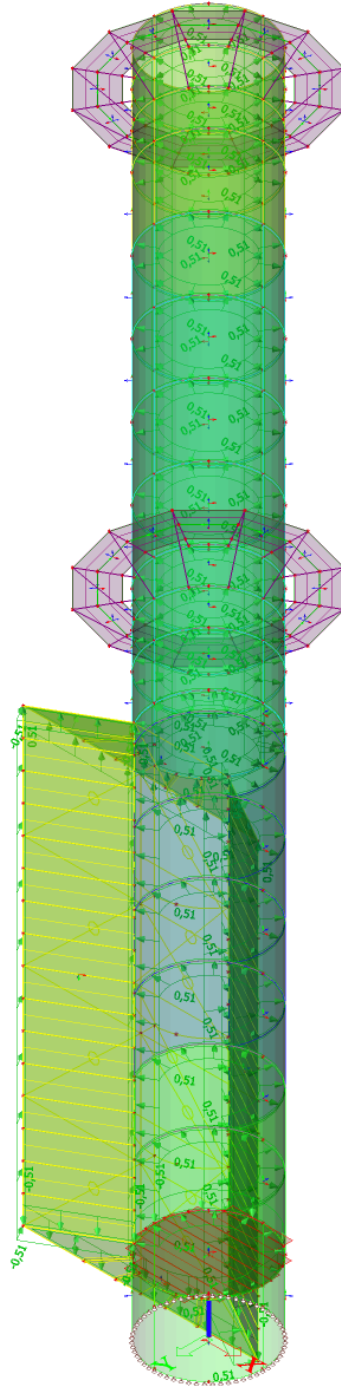


Obrázek 11 – Užité zatížení ochozů

5.2.2 POTRUBNÍ TLAK – PROVOZNÍ STAV

Z proudění zbytkových spalin plyne vznik potrubních tlaků na konstrukci komína. V tomto případě s intenzitou $0,51 \text{ kN/m}^2$.

Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_q=1,50$.



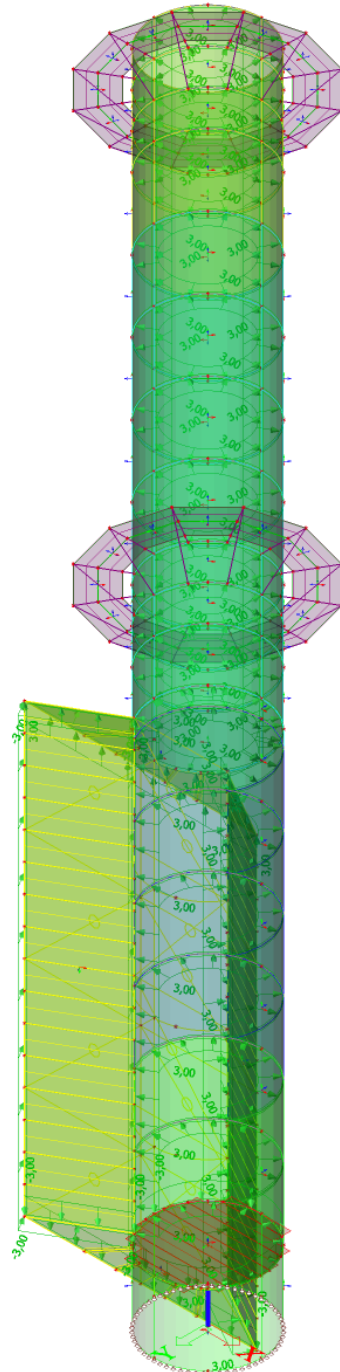
Obrázek 12 – Provozní potrubní tlak

5.3 MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ

Z důvodu potenciální poruchy je model konstrukce zatížen i tlakem potrubí v mimořádné poruchové situaci.

Potrubní tlak (poruchový stav) $3,00 \text{ kN/m}^2$

Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_A=1,00$.



Obrázek 13 – Poruchový potrubní tlak

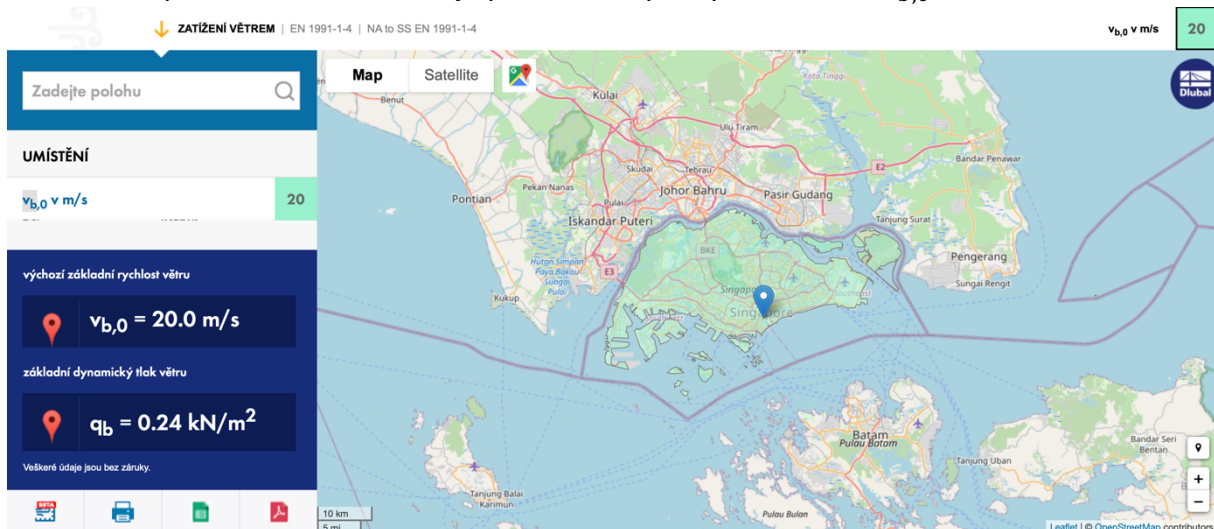
5.4 KLIMATICKÁ ZATÍŽENÍ

5.4.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

V dané lokalitě se zatížením sněhem neuvažuje.

5.4.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN EN 1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – zatížení větrem“ ve větrné oblasti, ve které se uvažuje výchozí hodnota základní rychlosti větru $v_{b,0} = 20$ m/s, nicméně na požadavek zadavatele je počítáno s vyšší rychlostí, a to $v_{b,0} = 22$ m/s.



Obrázek 14 – Větrná mapa [6]

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 22 \text{ m/s}$$

Kde

c_{dir} je součinitel směru větru, doporučená hodnota = 1,0

c_{season} je hodnota součinitele ročního období, doporučená hodnota = 1,0

$v_{b,0}$ je výchozí hodnota základní rychlosti větru = 22 m/s

Součinitel drsnosti terénu:

$$c_r = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{62}{0,05}\right) = 1,35$$

Kde

k_r je součinitel terénu = 0,19

z je výška komína = 62 m

z_0 je parametr drsnosti terénu (kategorie terénu II) = 0,05 m

Střední rychlost větru:

$$v_m = c_r \cdot c_0 \cdot v_b = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 20 = 29,77 \text{ m/s}$$

Kde

c_r je součinitel drsnosti terénu = 1,35

c_0 je hodnota součinitele orografie, doporučená hodnota = 1,0

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} 1,194 \cdot 20^2 = 0,289 \text{ kN/m}^2$$

Kde

ρ je měrná hmotnost vzduchu, doporučená hodnota = $1,194 \text{ kg/m}^3$

v_b je základní rychlost větru

Intenzita turbulence:

$$I_v = \frac{k_I}{c_0 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{62}{0,05}\right)} = 0,140$$

Kde

k_I je součinitel turbulence, doporučená hodnota = 1,0

z je výška komína = 62 m

z_0 je parametr drsnosti terénu (kategorie terénu II) = 0,05 m

Maximální dynamický tlak větru:

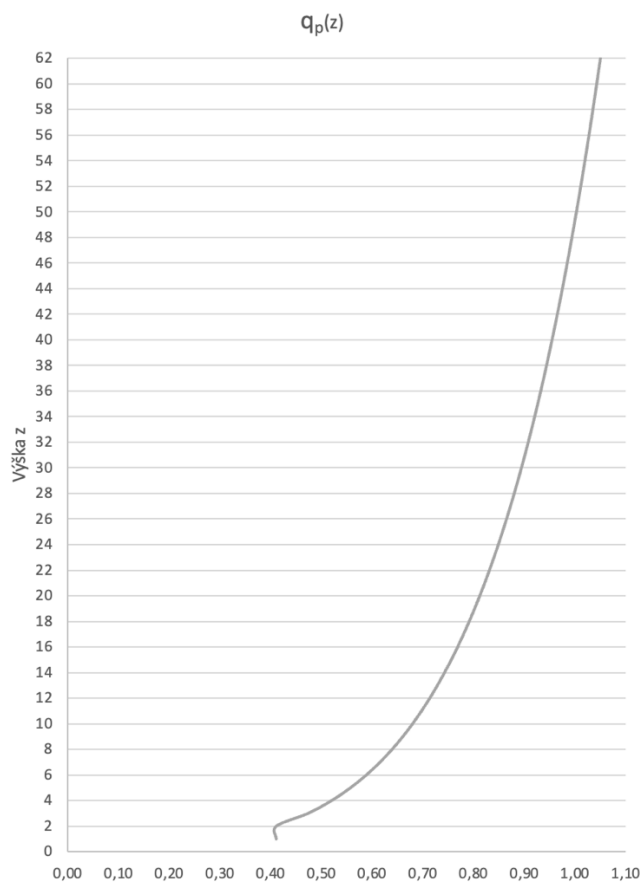
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v] \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2 = [1 + 7 \cdot 0,140] \cdot \frac{1}{2} 1,194 \cdot 27^2 = 1,049 \text{ kN/m}^2$$

Kde

I_v je intenzita turbulence = 0,140

ρ je měrná hmotnost vzduchu, doporučená hodnota = $1,194 \text{ kg/m}^3$

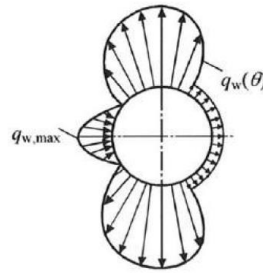
v_m je střední rychlost větru 29,77 m/s



Obrázek 15 – Průběh tlaku větru v závislosti na výšce

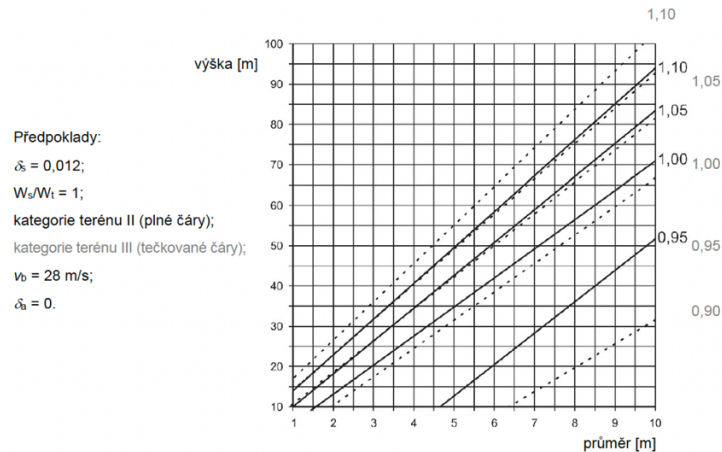
$z =$	$C_{pe(z)} =$	$V_{m(z)} =$	$I_{v(z)} =$	$q_{p(z)} =$
1	0,701	15,420	0,271	0,411
2	0,701	15,420	0,271	0,411
3	0,778	17,114	0,244	0,474
4	0,833	18,317	0,228	0,520
5	0,875	19,250	0,217	0,557
6	0,910	20,012	0,209	0,589
7	0,939	20,656	0,202	0,616
8	0,964	21,214	0,197	0,639
9	0,987	21,707	0,193	0,660
10	1,007	22,147	0,189	0,680
11	1,025	22,545	0,185	0,697
12	1,041	22,909	0,182	0,714
13	1,057	23,244	0,180	0,729
14	1,071	23,553	0,177	0,743
15	1,084	23,842	0,175	0,756
16	1,096	24,112	0,173	0,768
17	1,107	24,365	0,172	0,780
18	1,118	24,604	0,170	0,791
19	1,129	24,830	0,168	0,802
20	1,138	25,044	0,167	0,812
21	1,148	25,248	0,166	0,822
22	1,156	25,443	0,164	0,831
23	1,165	25,629	0,163	0,840
24	1,173	25,806	0,162	0,848
25	1,181	25,977	0,161	0,857
26	1,188	26,141	0,160	0,865
27	1,195	26,299	0,159	0,872
28	1,202	26,451	0,158	0,880
29	1,209	26,597	0,157	0,887
30	1,215	26,739	0,156	0,894
31	1,222	26,876	0,156	0,901
32	1,228	27,009	0,155	0,907
33	1,234	27,138	0,154	0,914
34	1,239	27,262	0,153	0,920
35	1,245	27,384	0,153	0,926
36	1,250	27,501	0,152	0,932
37	1,255	27,616	0,151	0,938
38	1,260	27,727	0,151	0,943
39	1,265	27,836	0,150	0,949
40	1,270	27,942	0,150	0,954
41	1,275	28,045	0,149	0,959
42	1,279	28,146	0,149	0,965
43	1,284	28,244	0,148	0,970
44	1,288	28,340	0,147	0,975
45	1,292	28,434	0,147	0,979
46	1,297	28,526	0,147	0,984
47	1,301	28,616	0,146	0,989
48	1,305	28,704	0,146	0,993
49	1,309	28,790	0,145	0,998
50	1,312	28,874	0,145	1,002
51	1,316	28,957	0,144	1,006
52	1,320	29,038	0,144	1,011
53	1,324	29,118	0,144	1,015
54	1,327	29,196	0,143	1,019
55	1,331	29,273	0,143	1,023
56	1,334	29,348	0,142	1,027
57	1,337	29,422	0,142	1,031
58	1,341	29,495	0,142	1,035
59	1,344	29,566	0,141	1,038
60	1,347	29,637	0,141	1,042
61	1,350	29,706	0,141	1,046
62	1,353	29,774	0,140	1,049

Tabulka 1 – Tlak větru v závislosti na výšce

Lokální vítr:

Obrázek 16 – Rozdělení tlaku větru po obvodě skořepiny [3]

Součinitel konstrukce:



Obrázek 17 – Součinitel konstrukce [2]

$$c_s c_d \approx 1,1$$

Maximální rychlost větru ve výšce z_e :

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,049}{1,194}} = 1,33 \text{ m/s}$$

Kde

$q_p(z)$ je maximální dynamický tlak větru = $1,049 \text{ kN/m}^2$

ρ je měrná hmotnost vzduchu, doporučená hodnota = $1,194 \text{ kg/m}^3$

Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu} = \frac{6 \cdot 1,33}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 5,3 \cdot 10^5$$

Kde

b je průměr komína

$v(z_e)$ je maximální rychlost větru ve výšce $z_e = 1,33 \text{ m/s}$

ν je kinematická viskozita = $1,5 \cdot 10^{-5}$

Efektivní štíhlost:

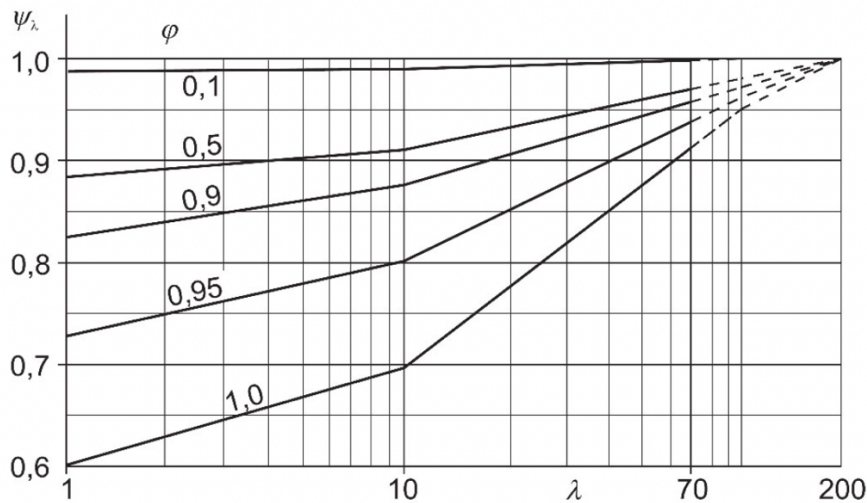
$$\lambda = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,7 \cdot l/b = 0,7 \cdot 62/6 = 7,23 \\ 70 \end{array} \right. = 7,23$$

Kde

l je délka nosného prvku, resp. výška komína = 62 m

b je průměr komína = 6 m

Směrné hodnoty koncového efektu:



Obrázek 18 – Směrné hodnoty koncového efektu [2]

$$\psi_{\lambda} = 0,68$$

Kde

λ je efektivní štíhlost = 7,23

φ je součinitel plnosti = 1,0

Součinitel koncového efektu:

$$\psi_{\lambda\alpha} = 1,0$$

$$\text{pro } 0^{\circ} \leq \alpha \leq \alpha_{min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\alpha} + (1 - \psi_{\alpha}) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}}\right)\right)$$

$$\text{pro } \alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\alpha}$$

$$\text{pro } \alpha_A \leq \alpha \leq 180$$

Kde

α_A je poloha bodu, kde dojde k oddělení proudu = 135°

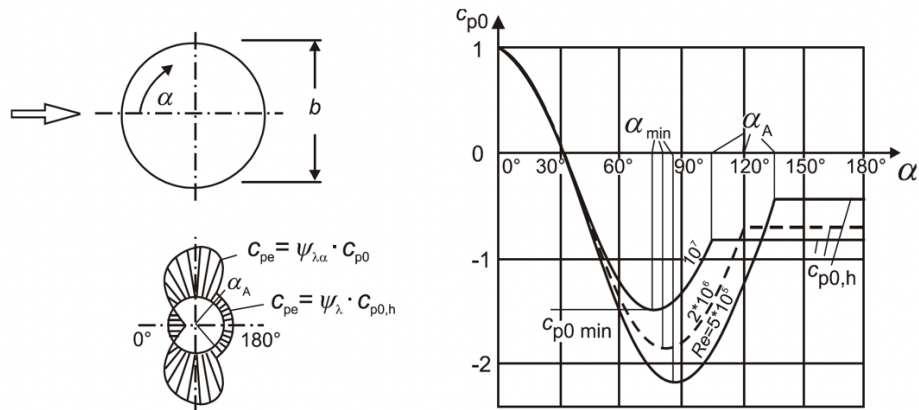
Součinitele vnějších tlaků:

$$c_{pe} = \psi_{\lambda\alpha} \cdot c_{p0}$$

Kde

c_{p0} je součinitel vnějšího tlaku

$\psi_{\lambda\alpha}$ je součinitel koncového efektu



Obrázek 19 – Součinitel vnějšího tlaku [2]

Tlak větru na povrchy:

$$w_e = c_s c_d \cdot q_p(z) \cdot c_{pe}$$

Kde

$c_s c_d$ je součinitel konstrukce = 1,1

$q_p(z)$ je maximální dynamický tlak větru = 1,049 kN/m²

c_{pe} je součinitel vnějších tlaků

(Zobrazeno v tabulkách na následující straně)

Tlaky na přípojovací krček:

Součinitel	D	0,80	E	-0,70	G	-2
Výsledný tlak		0,84		-0,73		-2,10

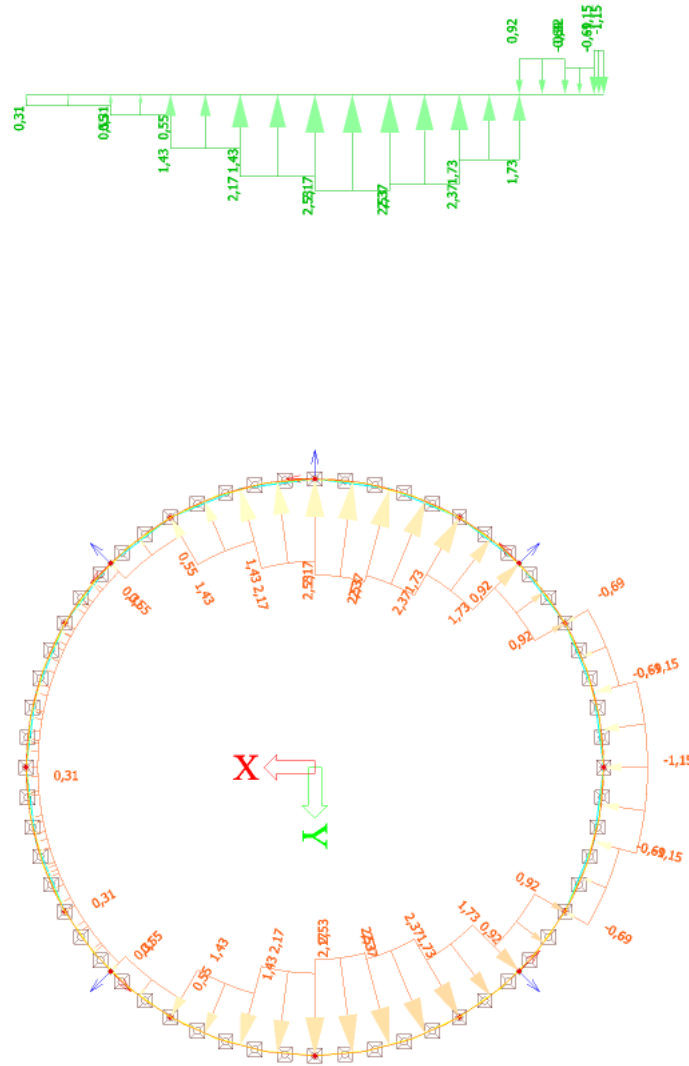
Tabulka 2 – Tlaky na přípojovací krček

$z =$	$\alpha =$	$\psi_{\lambda\alpha} =$	$C_{p0} =$	$C_{pe} =$	$W_e =$
62	0	1,00	1,00	1,00	1,15
	5	1,00	0,90	0,90	1,04
	10	1,00	0,79	0,79	0,91
	15	1,00	0,60	0,60	0,69
	20	1,00	0,50	0,50	0,58
	25	1,00	0,20	0,20	0,23
	30	1,00	0,10	0,10	0,12
	35	1,00	-0,20	-0,20	-0,23
	40	1,00	-0,50	-0,50	-0,58
	45	1,00	-0,80	-0,80	-0,92
	50	1,00	-1,00	-1,00	-1,15
	55	1,00	-1,20	-1,20	-1,39
	60	1,00	-1,50	-1,50	-1,73
	65	1,00	-1,70	-1,70	-1,96
	70	1,00	-1,90	-1,90	-2,19
	75	1,00	-2,05	-2,05	-2,37
	80	1,00	-2,15	-2,15	-2,48
	85	1,00	-2,20	-2,20	-2,54
	90	1,00	-2,20	-2,19	-2,53
	95	0,98	-2,18	-2,15	-2,48
	100	0,97	-2,10	-2,03	-2,34
	105	0,94	-2,00	-1,88	-2,17
	110	0,91	-1,90	-1,72	-1,99
	115	0,87	-1,70	-1,48	-1,70
	120	0,83	-1,50	-1,24	-1,43
	125	0,78	-1,20	-0,93	-1,08
	130	0,73	-1,00	-0,73	-0,84
	135	0,68	-0,70	-0,48	-0,55
	140	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	145	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	150	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	155	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	160	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	165	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	170	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	175	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
	180	0,68	-0,40	-0,27	-0,31

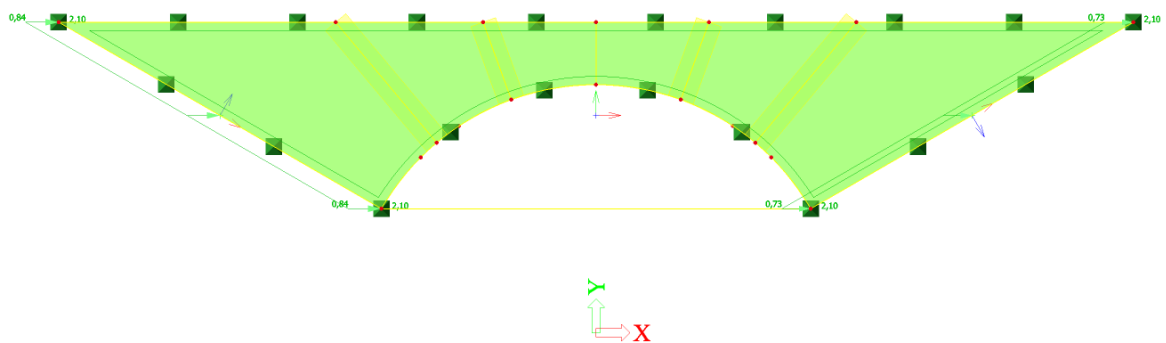
Tabulka 3 – Tlak větru na povrchy

$\alpha =$	$\psi_{\lambda\alpha} =$	$C_{p0} =$	$C_{pe} =$	$W_e =$
0	1,00	1,00	1,00	1,15
15	1,00	0,60	0,60	0,69
30	1,00	0,10	0,10	0,12
45	1,00	-0,80	-0,80	-0,92
60	1,00	-1,50	-1,50	-1,73
75	1,00	-2,05	-2,05	-2,37
90	1,00	-2,20	-2,19	-2,53
105	0,94	-2,00	-1,88	-2,17
120	0,83	-1,50	-1,24	-1,43
135	0,68	-0,70	-0,48	-0,55
150	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
165	0,68	-0,40	-0,27	-0,31
180	0,68	-0,40	-0,27	-0,31

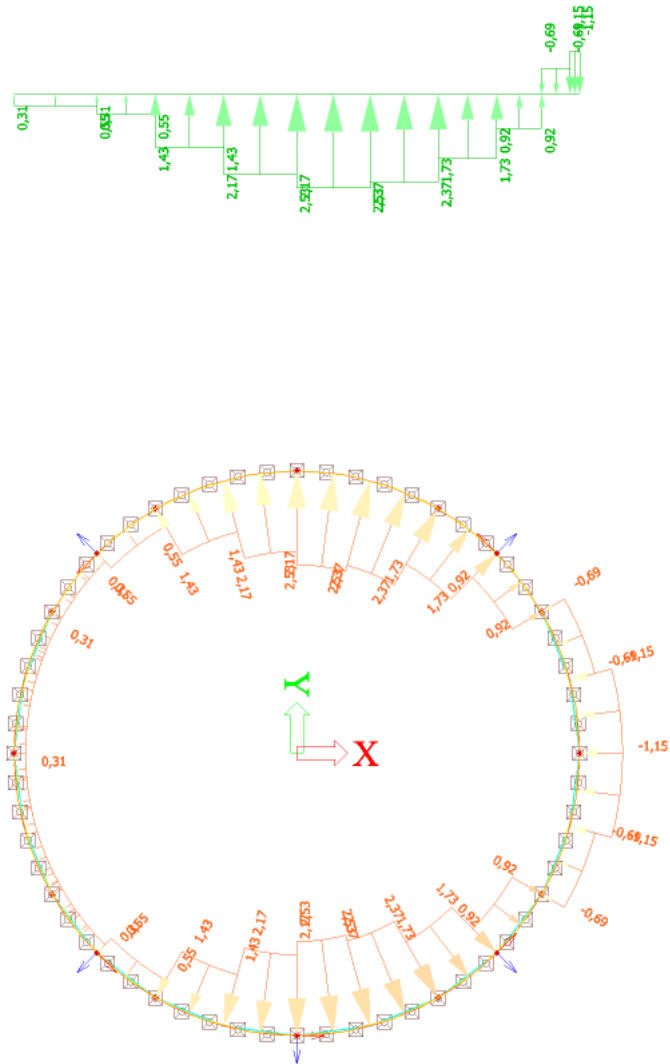
Tabulka 4 – Tlak větru na povrchy – zjednodušený pro globální model



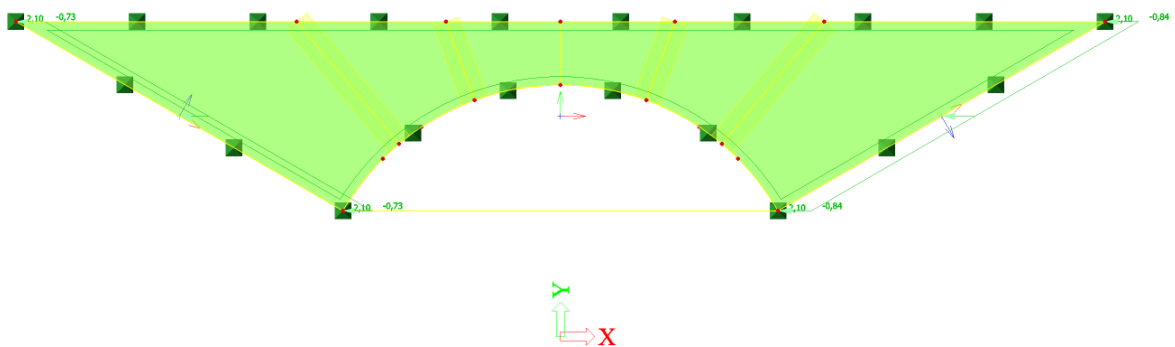
Obrázek 20 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru X+ [2]



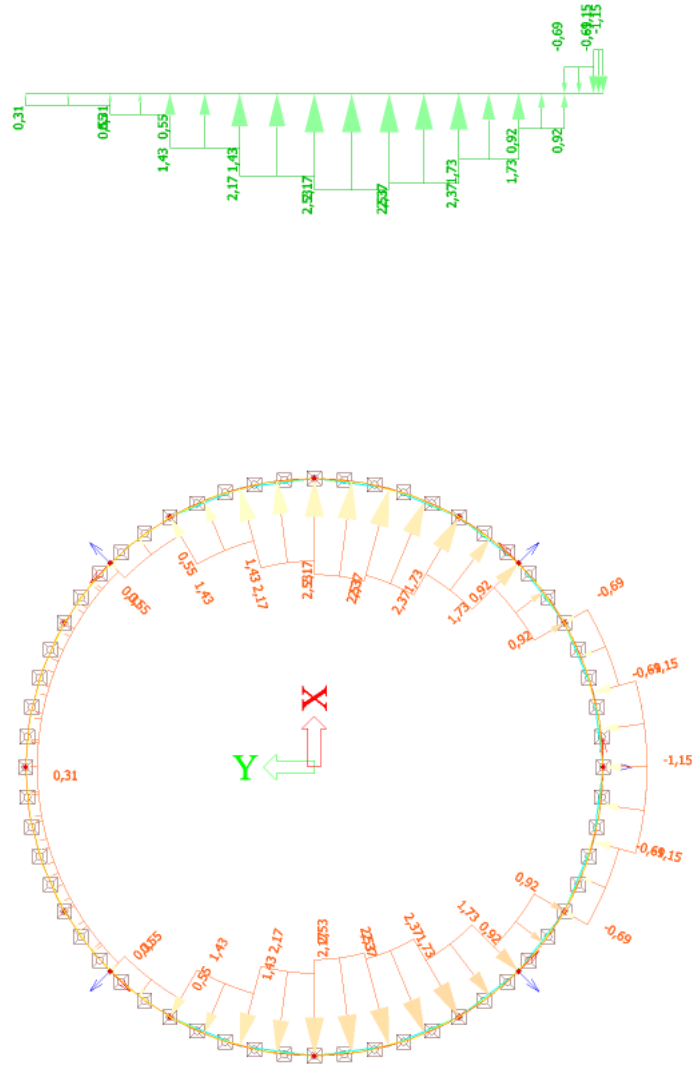
Obrázek 21 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru X+ [2]



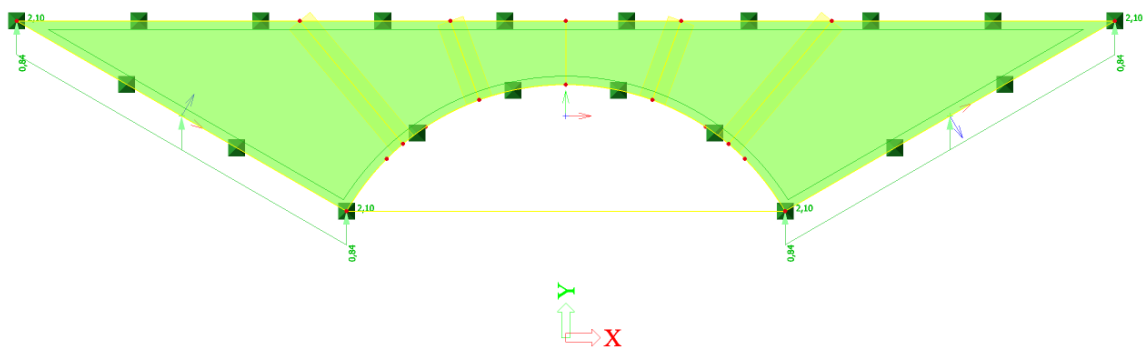
Obrázek 22 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru X- [2]



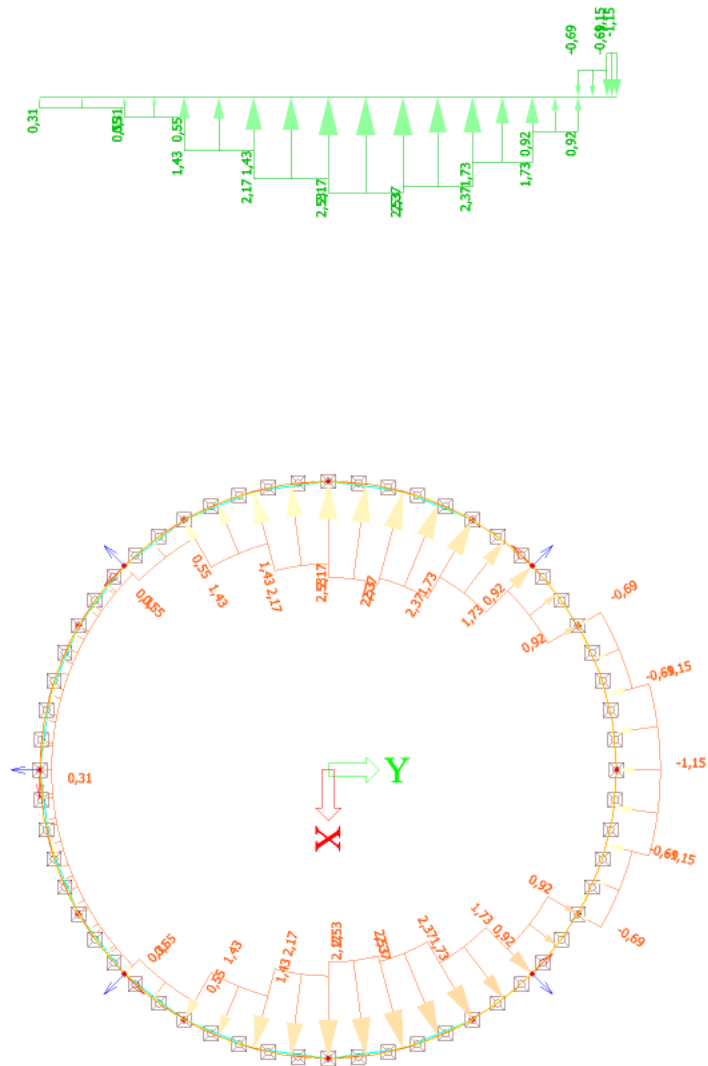
Obrázek 23 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru X- [2]



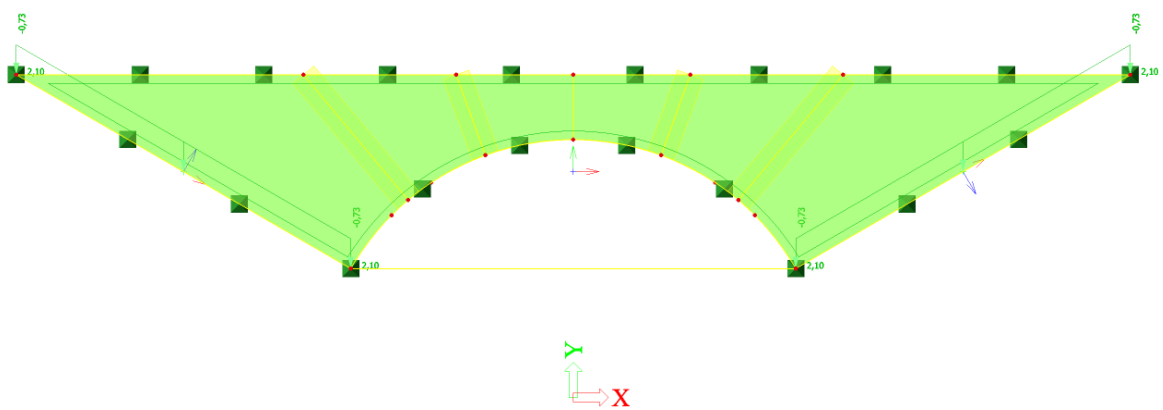
Obrázek 24 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru Y+ [2]



Obrázek 25 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru Y+ [2]



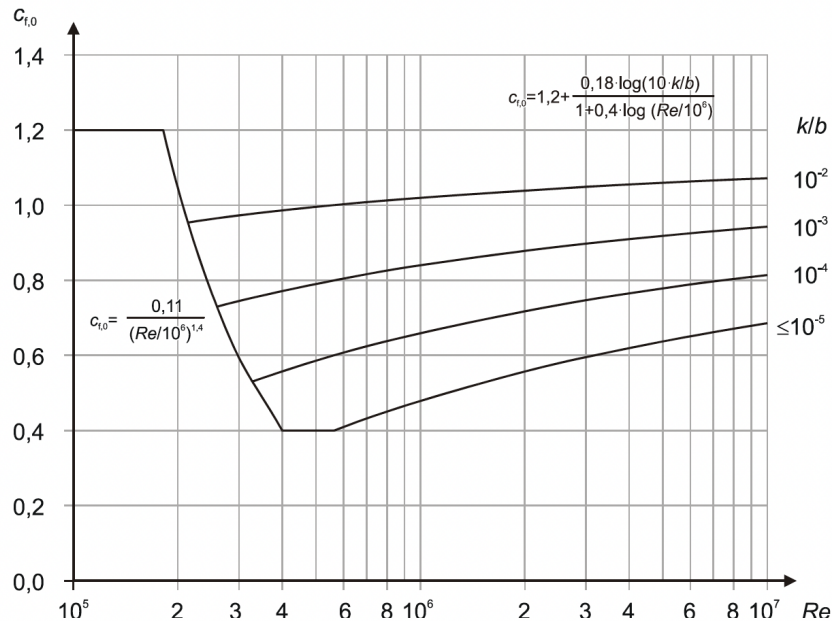
Obrázek 26 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru Y- [2]



Obrázek 27 - Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru Y- [2]

Globální vítr:

Součinitel síly bez vlivu proudění:



Obrázek 28 – Součinitel síly bez vlivu proudění [2]

$$\frac{k}{b} = \frac{0,02}{6} = 3,3 \cdot 10^{-3}$$

$$c_{f,0} \approx 0,8$$

Kde

k je ekvivalentní drsnost povrchu (stříkaný nátěr) = 0,02 mm

b je průměr komína = 6 m

 R_e je Reynoldsovo číslo = $5,3 \cdot 10^5$

Součinitel síly:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,8 \cdot 0,68 = 0,54$$

Kde

 $c_{f,0}$ je součinitel síly bez vlivu proudění = 0,8 ψ_λ je směrná hodnota součinitele koncového efektu = 0,68

Referenční plocha:

$$A_{ref} = l \cdot b = 62 \cdot 6 = 372 \text{ m}^2$$

Kde

l je délka nosného prvku, resp. výška komína = 62 m

b je průměr komína = 6 m

Síla od větru:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref} = 1,1 \cdot 0,54 \cdot 1,049 \cdot 372 = 231,80 \text{ kN}$$

Kde

 $c_s c_d$ je součinitel konstrukce = 1,1 c_f je součinitel síly = 0,54

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

$q_p(z)$ je maximální dynamický tlak větru = 1,049 kN/m²

A_{ref} je referenční plocha = 372 m²

Zatížení větrem na plášť:

$$q_{w,max} = q_p(z) \cdot c_{pe} = 1,049 \cdot 1,0 = 1,049 \text{ kN/m}^2$$

Odtrhávání vírů:

Kritická rychlost větru:

$$v_{crit,i} = \frac{b \cdot n_1}{S_t} = \frac{6 \cdot 1,32}{0,18} = 44 \text{ m/s}$$

Kde

b je průměr komína = 6 m

n_1 je první vlastní frekvence = 1,32 Hz (viz kapitola 7.1)

S_t je Strouhalovo číslo = 0,18

Podmínka vzniku vírů:

$$1,25 \cdot v_m > v_{crit,i}$$

$$1,25 \cdot 29,77 = 37,22 < 44$$

Víry nevznikají

Kde

v_m je střední rychlost větru = 27 m/s

$v_{crit,i}$ je kritická rychlost větru = 44 m/s

5.4.3 DYNAMICKÁ ZATÍŽENÍ

Na konstrukci nebude instalováno žádné technologické zařízení, které by vyvozovalo dynamické účinky na nosné konstrukce. Účinek vzniku odtrhávání vírů a vznik dynamických účinků od zatížení větrem byl vyloučen.

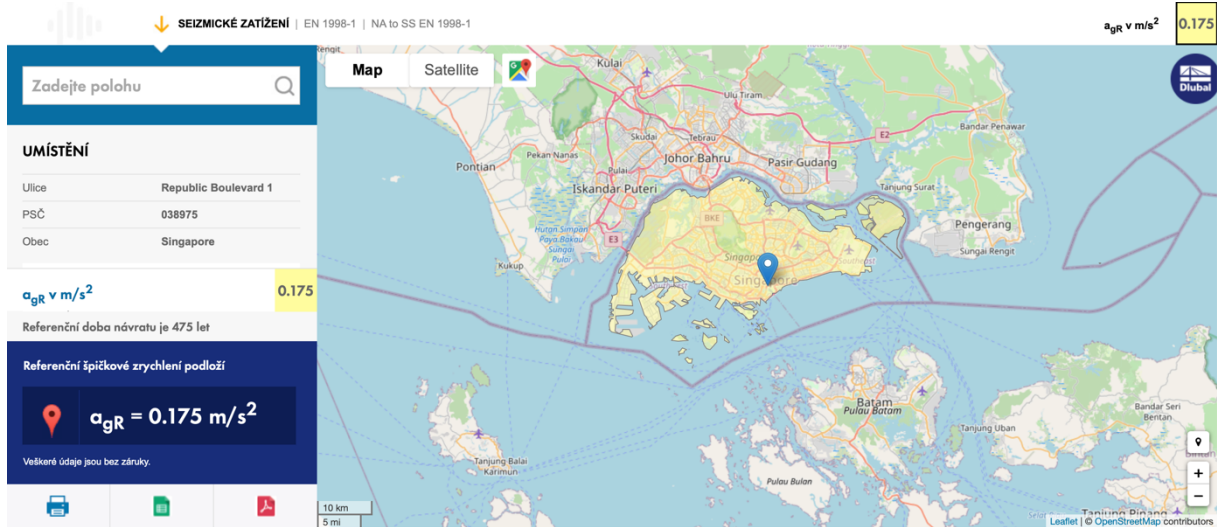
5.4.4 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

Zatížení teplotou je uvažováno v souladu s ČSN EN. Z hlediska teplotního namáhání vnitřních konstrukcí se vzhledem k charakteru uvažovaného provozu neuvažuje zvýšená teplota vnitřního prostředí, která by svými hodnotami vedla k nutnosti výpočtu s uvažováním zatížení konstrukcí teplotou.

Výpočet byl proveden při uvažování klasické návrhové referenční teploty 20°C.

5.4.5 ZATÍŽENÍ SEIZMICITOU

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN EN 1998-1 „Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby“ v seizmické oblasti, ve které se uvažuje normová hodnota zrychlení podloží $a_{gR} = 0,175 \text{ m/s}^2$.



Obrázek 29 – Seizmická mapa [6]

Pro kontrolu vstupů do programu Scia Engineer bylo sestaveno charakteristické i návrhové spektrum vodorovné odezvy podloží.

Charakteristické spektrum pro vodorovné složky seizmického zatížení:

$$0 \leq T \leq T_B: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ s}: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$$

Kde

$S_e(T)$ je spektrum pružné odezvy

a_g je referenční zrychlení podloží = $0,18 \text{ m/s}^2$

S je součinitel podloží = $1,6$

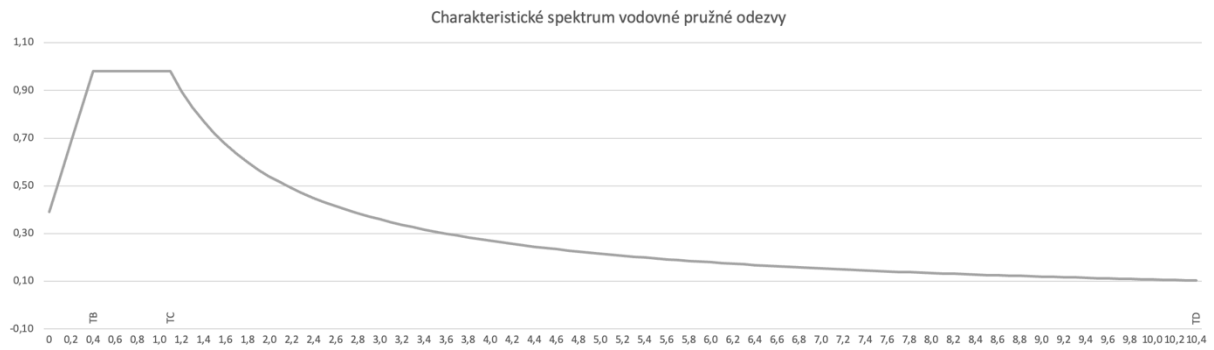
T je perioda vlastních kmitů s jedním stupněm volnosti = $0,89 \text{ s}$

T_B je nejmenší perioda kmitů, které přísluší konstantní hodnota spektra pružného podloží = $0,4 \text{ s}$

T_C je největší perioda kmitů, které přísluší konstantní hodnota spektra pružného podloží = $1,1 \text{ s}$

T_D je doba kmitů, při níž začíná obor konstantní hodnoty spektra pružného posunu = $10,4 \text{ s}$

η je korekční součinitel útlumu = $1,0$



Obrázek 30 – Charakteristické spektrum vodorovné pružné odezvy

Návrhové spektrum pro vodorovné složky seizmického zatížení:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T: S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

Kde

$S_d(T)$ je návrhové spektrum pružné odezvy

a_g je referenční zrychlení podloží = 0,18 m/s²

S je součinitel podloží = 1,6

T je perioda vlastních kmitů s jedním stupněm volnosti = 0,89 s

T_B je nejmenší perioda kmitů, které přísluší konstantní hodnota spektra pružného podloží = 0,4 s

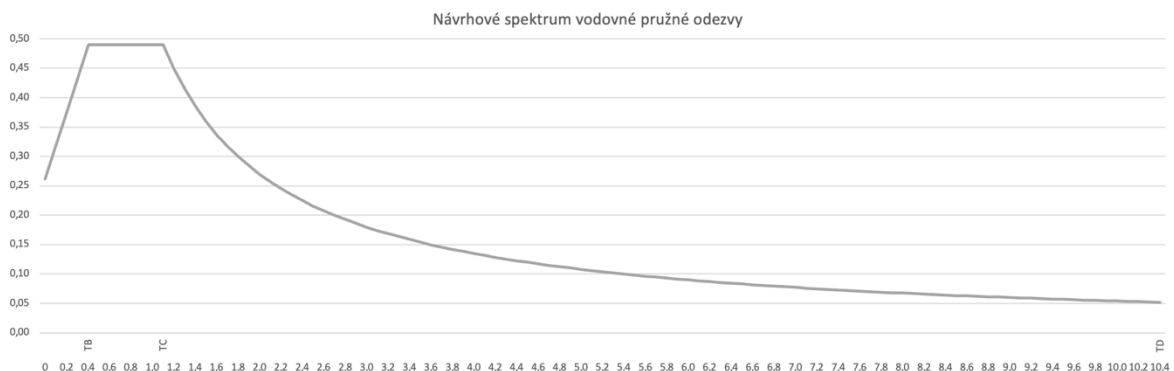
T_C je největší perioda kmitů, které přísluší konstantní hodnota spektra pružného podloží = 1,1 s

T_D je doba kmitů, při níž začíná obor konstantní hodnoty spektra pružného posunu = 10,4 s

η je korekční součinitel útlumu = 1,0

β je spodní mez součinitele pro vodorovné návrhové spektrum = 0,2

q je součinitel duktility = 2,0



Obrázek 31 – Návrhové spektrum vodorovné pružné odezvy

5.5 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Základní kombinaci zatížení jsou uvažována v souladu ČSN EN 1990 včetně zavedení redukčních součinitelů dle základní normy a Národního aplikačního dokumentu (NAD).

Základní kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Mimořádná kombinace pro mezní stav únosnosti

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Charakteristická kombinace pro mezní stav použitelnosti

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

6 MATERIÁLY

6.1 OCELOVÉ KONSTRUKCE

Skořepina komína	S235J0W
Ochozy komína	S235J0W
Připojovací krček komína	S235J0W

6.2 ZABUDOVANÉ PRVKY

Na konstrukci je instalován tlumič hluku. Ve výpočetním modelu je uvažován jako zatížení viz kapitola 5.1.4.

7 POSOUZENÍ A VÝSLEDKY

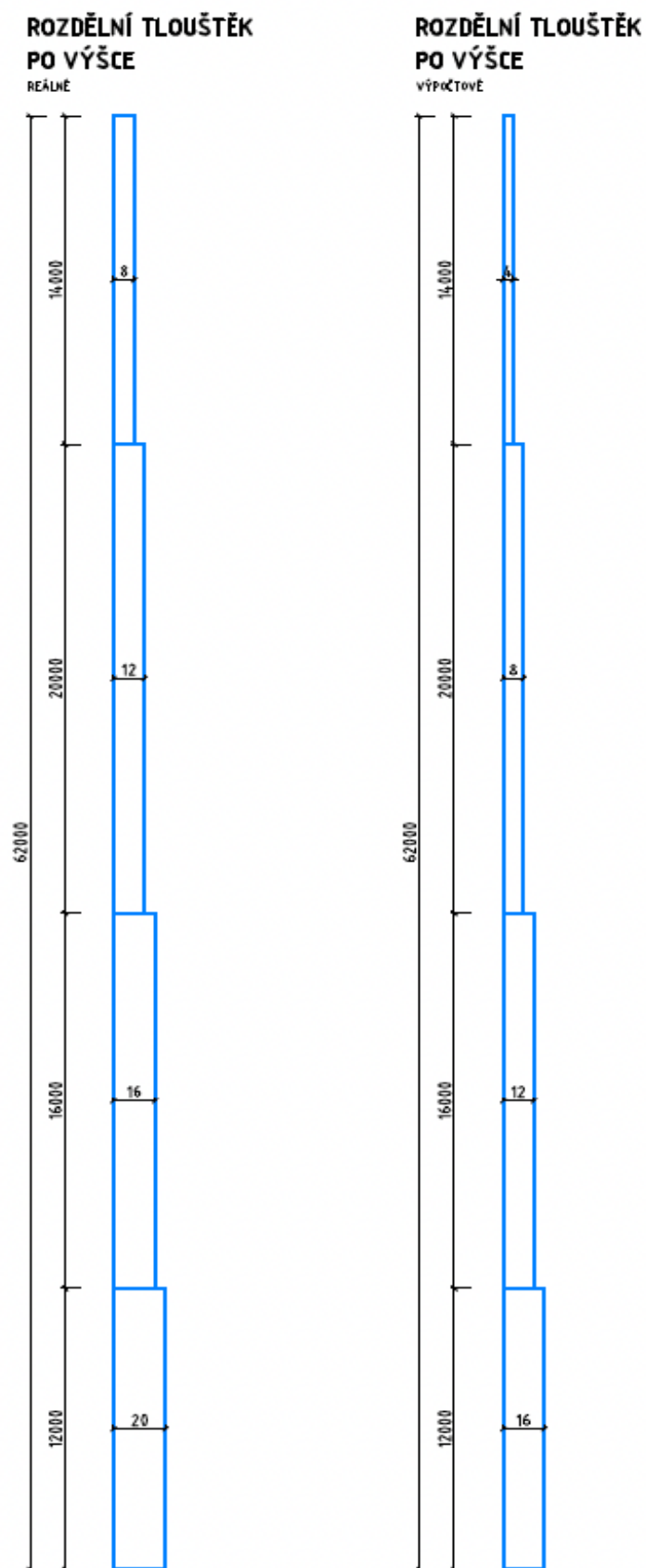
7.1 MODÁLNÍ ANALÝZA

Pro získání základních informací o dynamických vlastnostech byla provedena modální analýza. Modální analýza se zabývá hledáním vlastních frekvencí a vlastních tvarů. Na základě modální analýzy bylo určeno rozdělení tlouštěk skořepin a zároveň vyloučen vznik odtrhávání vírů (viz kapitola 5.4.2.). Na základě globálního modelu byla vypočtena první vlastní frekvence $n = 1,32$ Hz.

7.2 SKOŘEPINA

7.2.1 ROZDĚLENÍ TLOUŠTĚK SKOŘEPIN PO VÝŠCE KOMÍNA

Rozdělení bylo navrženo na zjednodušeném prutovém modelu s ohledem na vlastní frekvenci konstrukce, aby nedocházelo k vytváření vírů a následnému rozkmitávání komína. Finální rozdělení tlouštěk skořepin po výšce komína je zobrazeno na následujícím obrázku, jak v reálné podobě, tak ve výpočtové s uvažovaným korozním úbytkem.



Obrázek 32 – Rozdělení tlouštěk skořepiny po výšce komína pro reálný i výpočtový stav

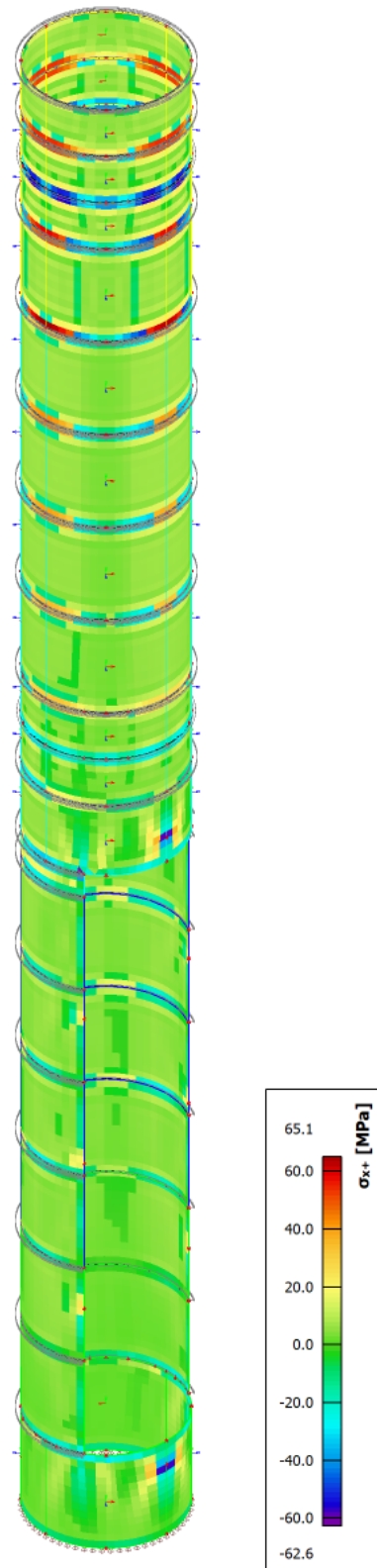
7.2.2 PŘEHLED PRVKŮ SKOŘEPINY

Tubus komína						
popis	délka [m]	počet [ks]	profil	plocha [m ²]	váha na MJ	c. váha [kg]
Skořepina 20 mm	14,66	3	P20	175,96	160	28154
Skořepina 14 mm	12,57	4	P14	201,12	112	22525
Skořepina 12 mm	18,85	6	P12	452,4	96	43430
Skořepina 8 mm	18,85	2,5	P8	188,5	64	12064
Dno 10 mm	28,27	1	P10	28,27	80	2262
Výztuha	16,21	19	IPE 200	2848	22,4	6897
Žebra dna	4,81	6	IPE 200	2848	22,4	647

Tabulka 5 – Přehled prvků tubusu komína

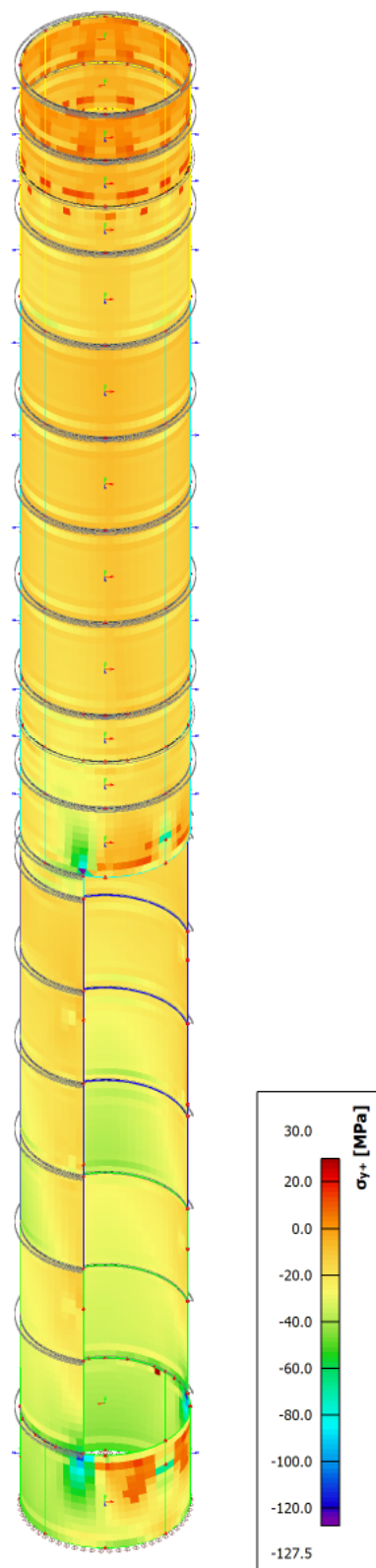
7.2.3 PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ BĚŽNÝ STAV

Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu:



Obrázek 33 – Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu:



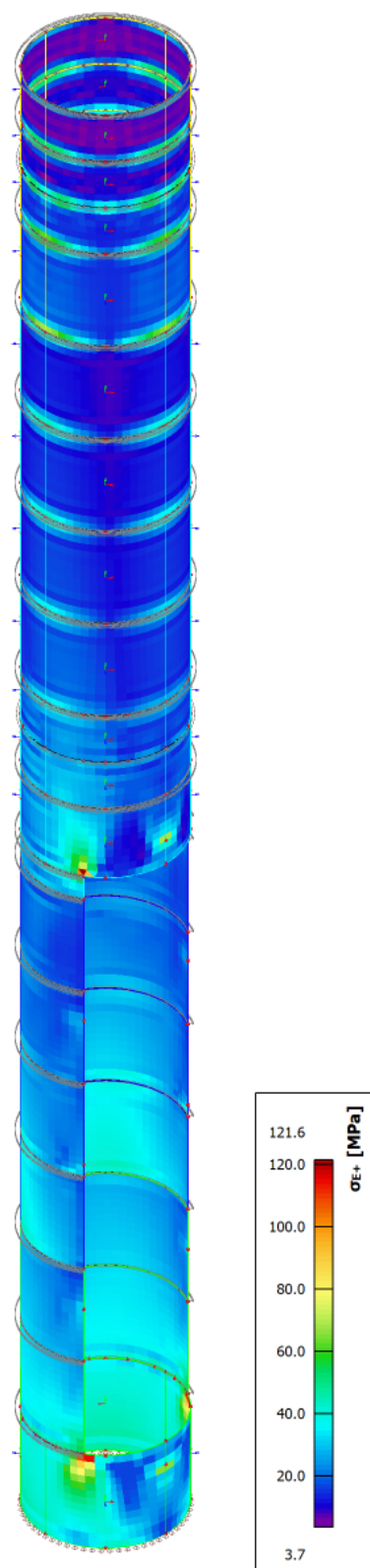
Obrázek 34 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu

Základní smykové napětí při kladném povrchu:



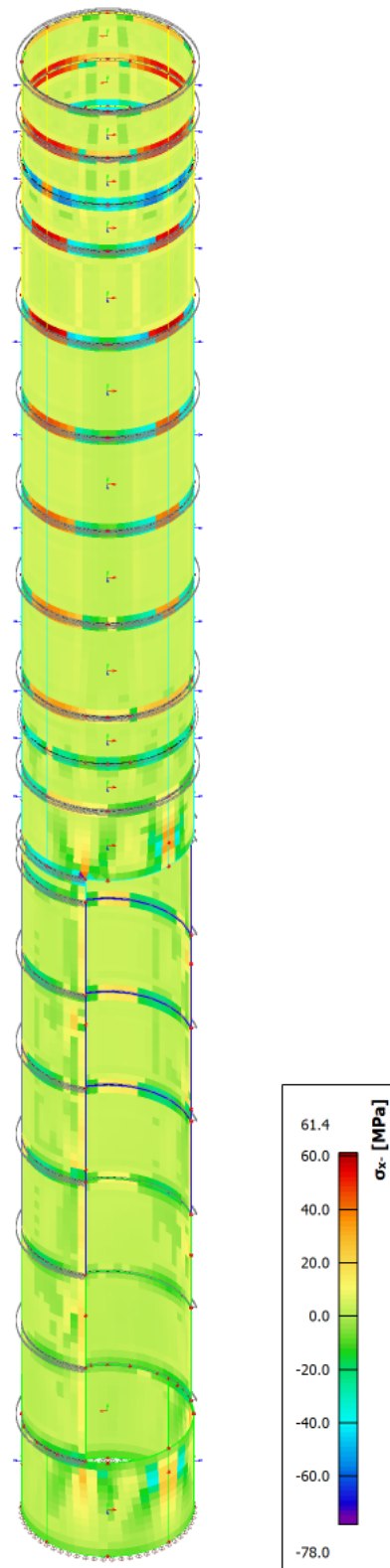
Obrázek 35 – Základní smykové napětí při kladném povrchu

Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu:



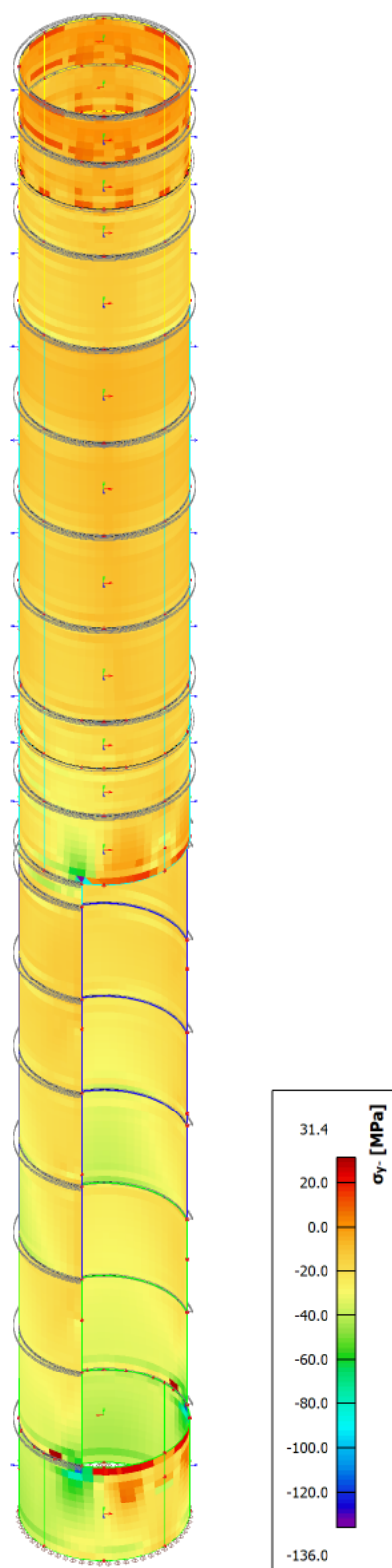
Obrázek 36 – Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu:



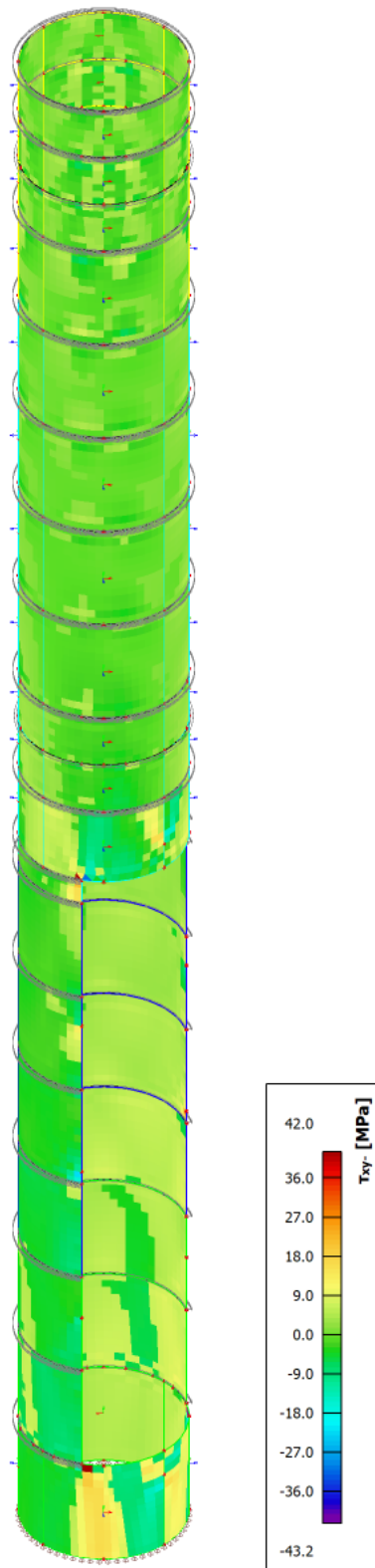
Obrázek 37 – Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu:



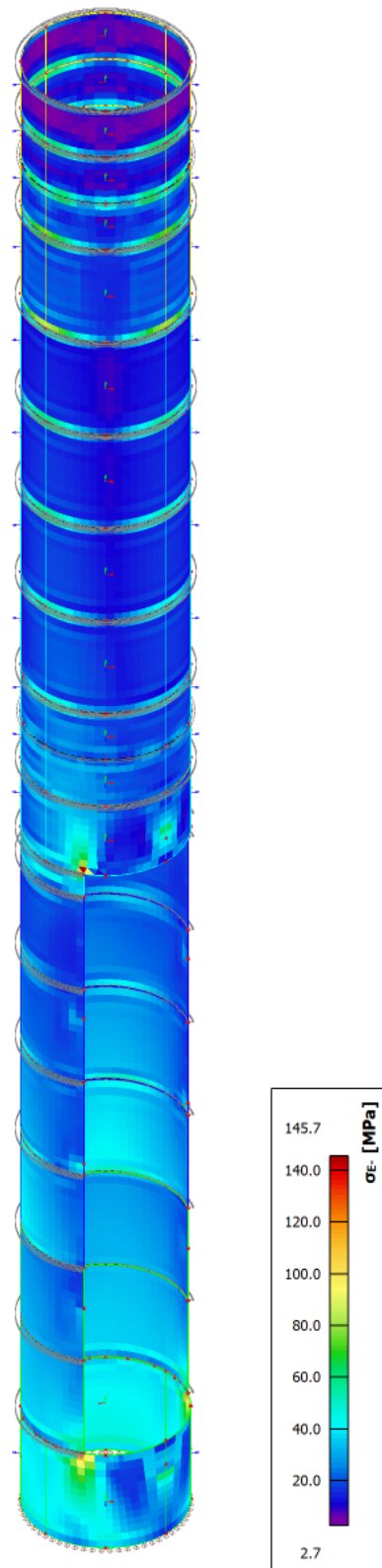
Obrázek 38 – Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu

Základní smykové napětí při záporném povrchu:



Obrázek 39 - Základní smykové napětí při záporném povrchu

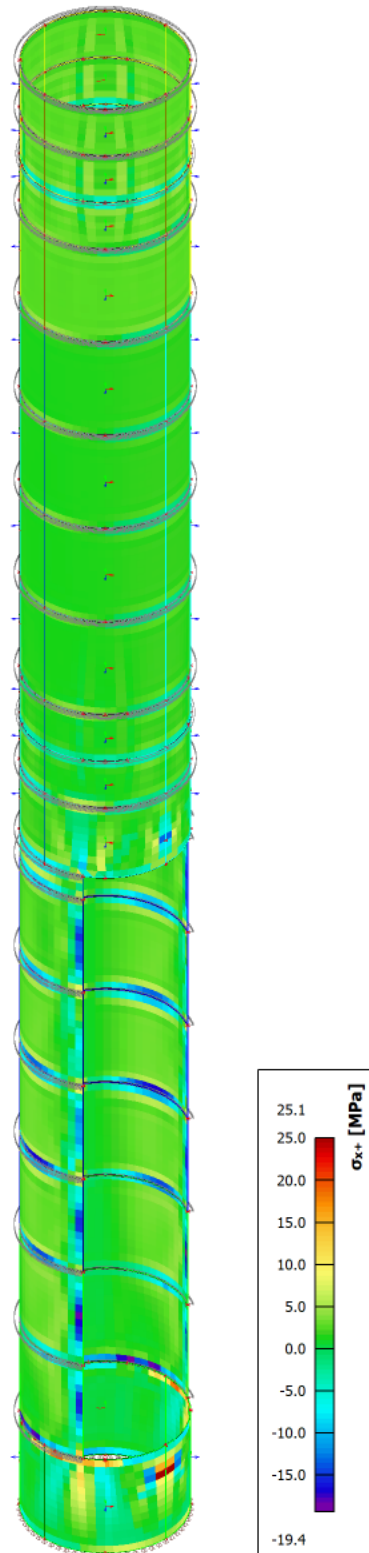
Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu:



Obrázek 40 – Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu

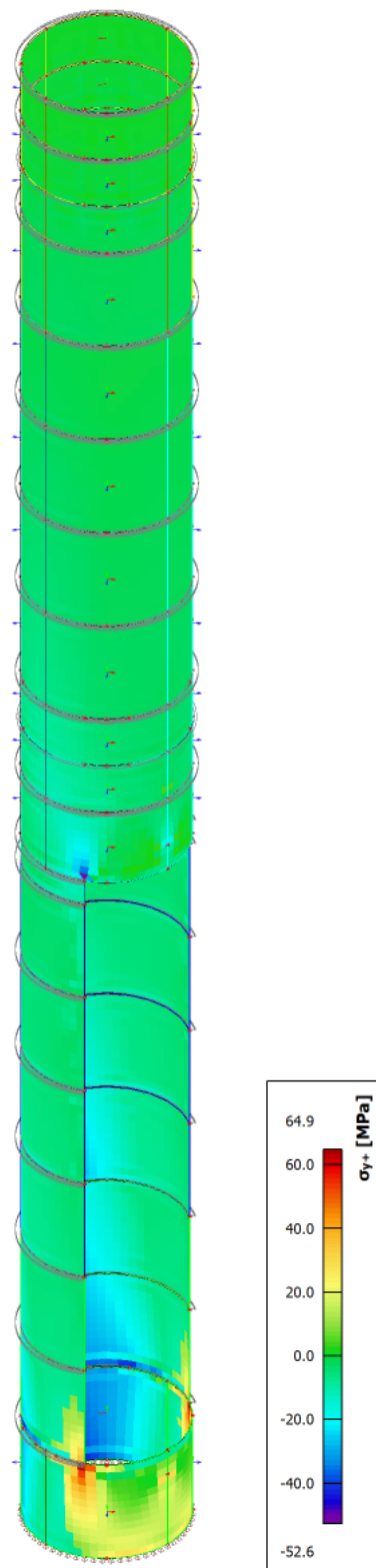
7.2.4 PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ PORUCHOVÝ STAV

Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu:



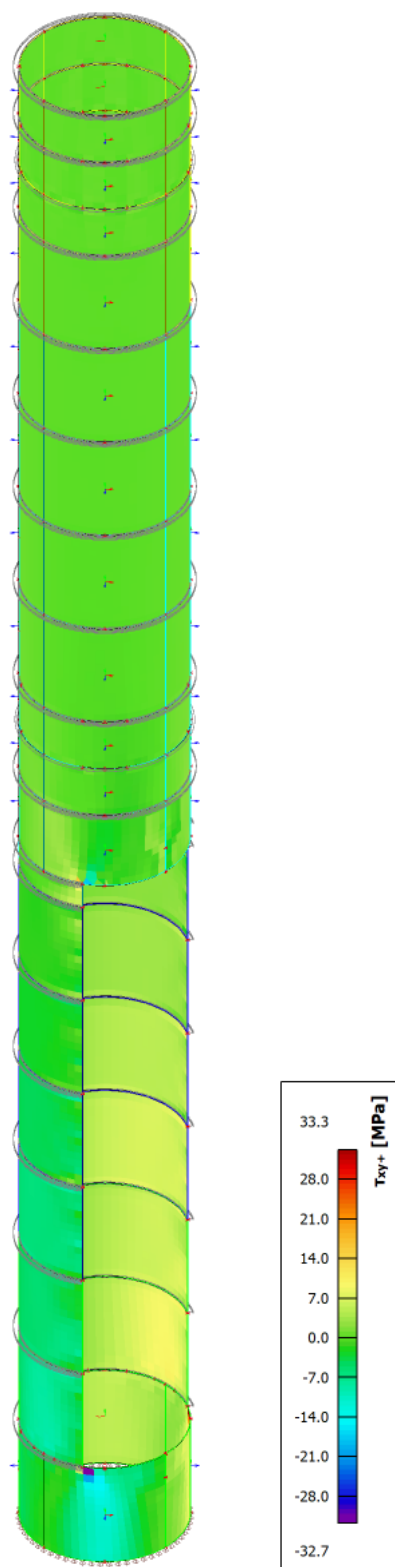
Obrázek 41 – Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu:



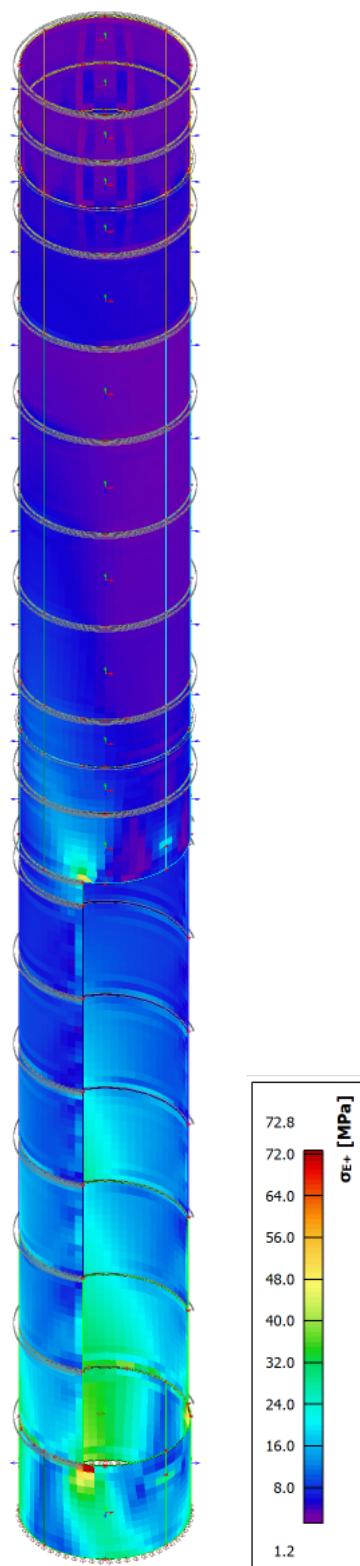
Obrázek 42 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu

Základní smykové napětí při kladném povrchu:



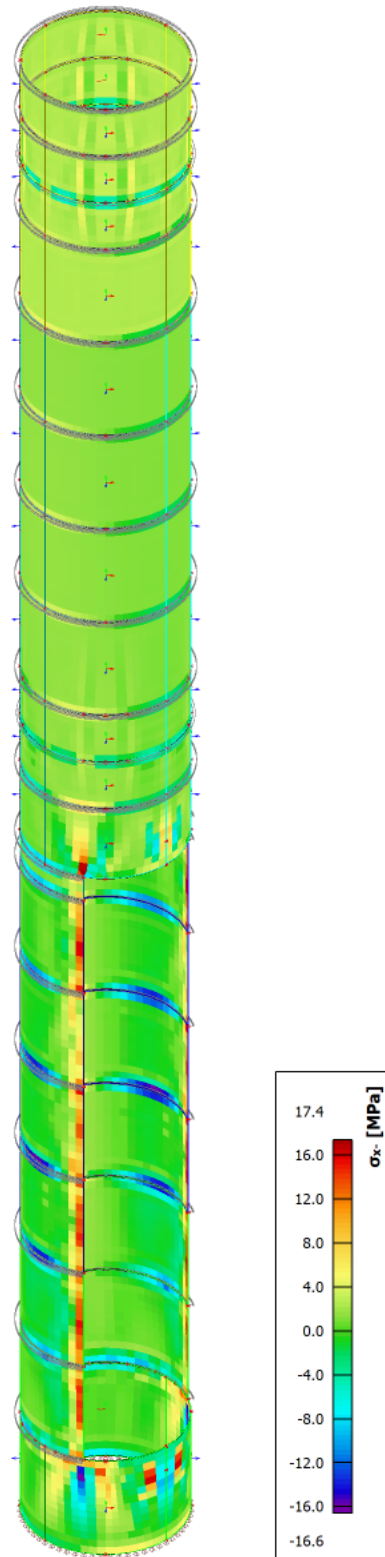
Obrázek 43 - Základní smykové napětí při kladném povrchu

Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu:



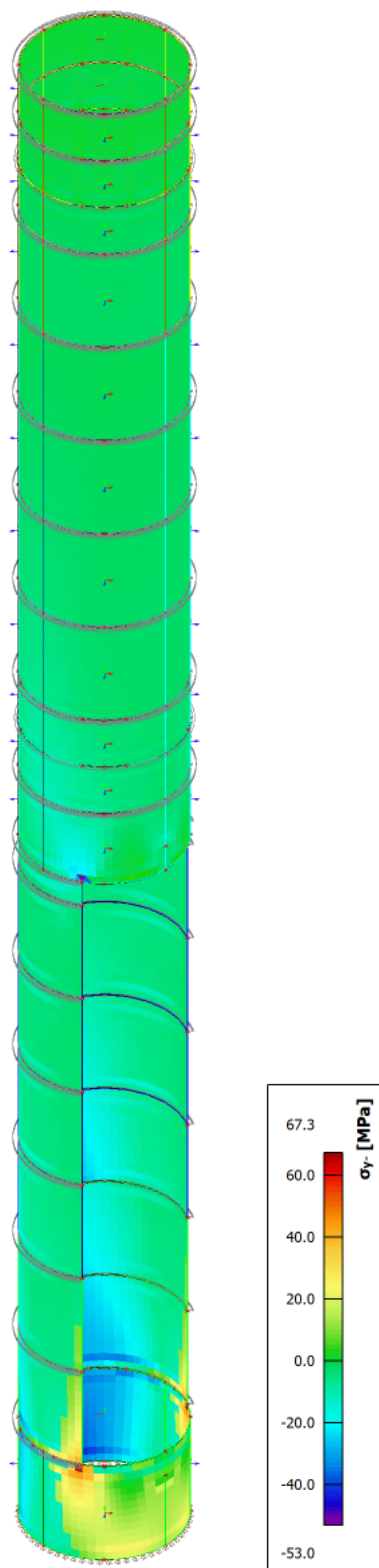
Obrázek 44 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu:



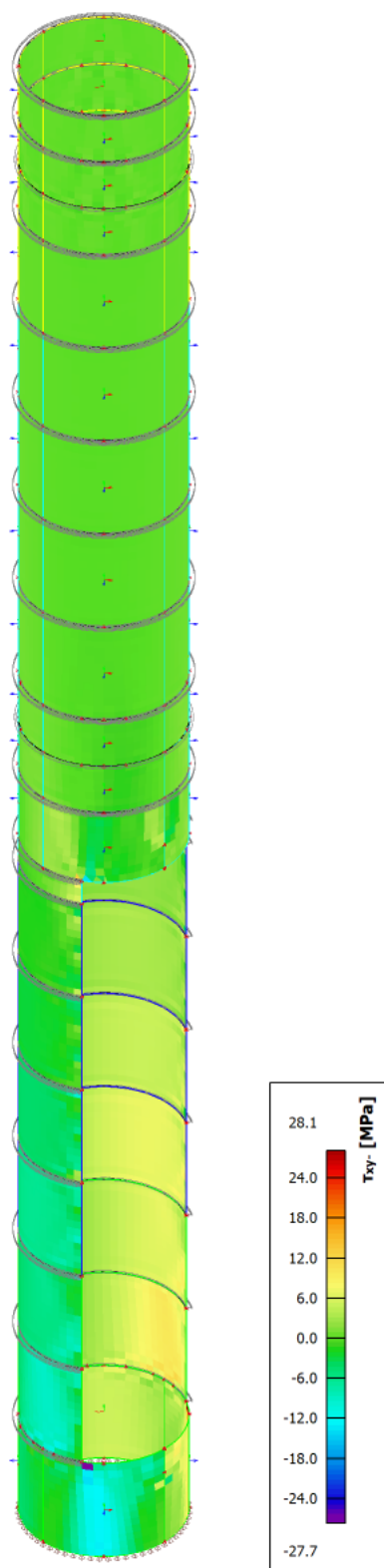
Obrázek 45 - Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu:



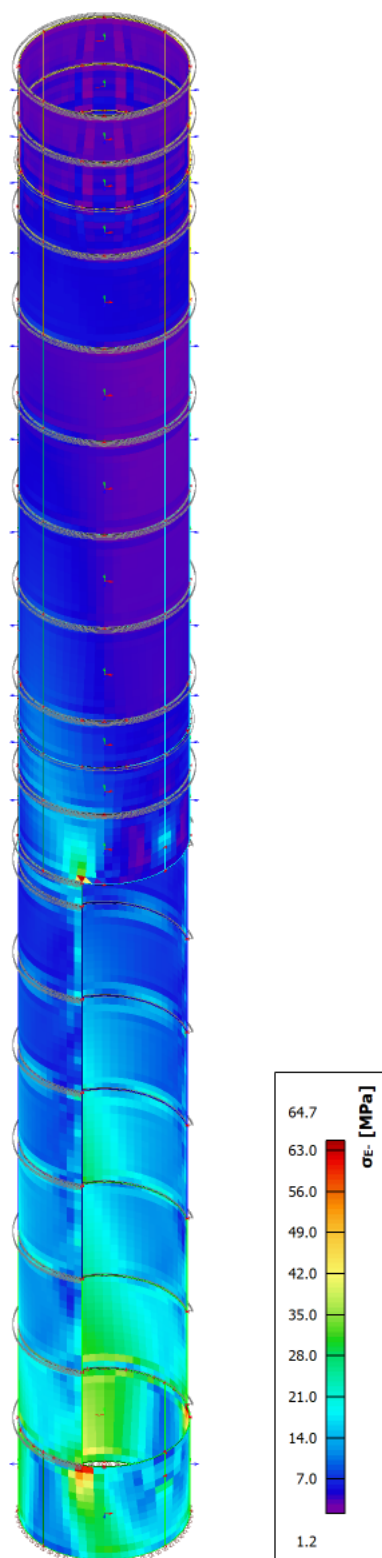
Obrázek 46 - Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu

Základní smykové napětí při záporném povrchu:



Obrázek 47 - Základní smykové napětí při záporném povrchu

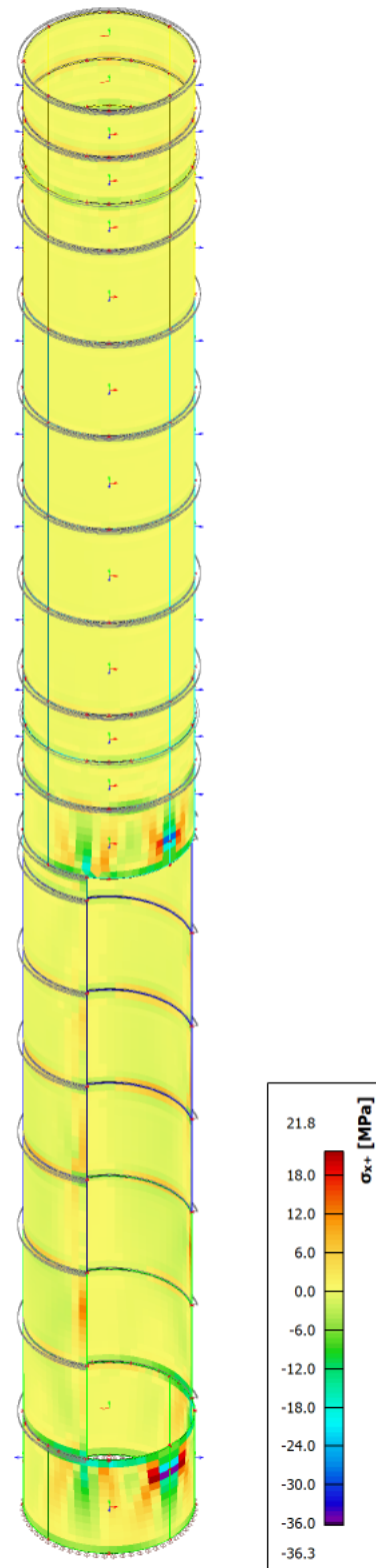
Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu:



Obrázek 48 – Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu

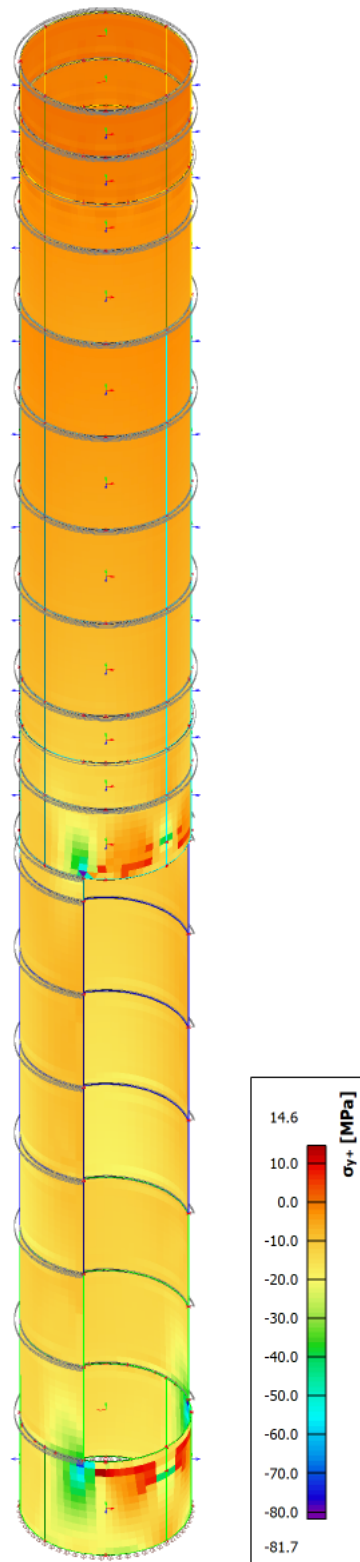
7.2.5 PRŮBĚHY NAPĚTÍ OD KOMBINACE MSÚ SEIZMICKÁ

Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu:



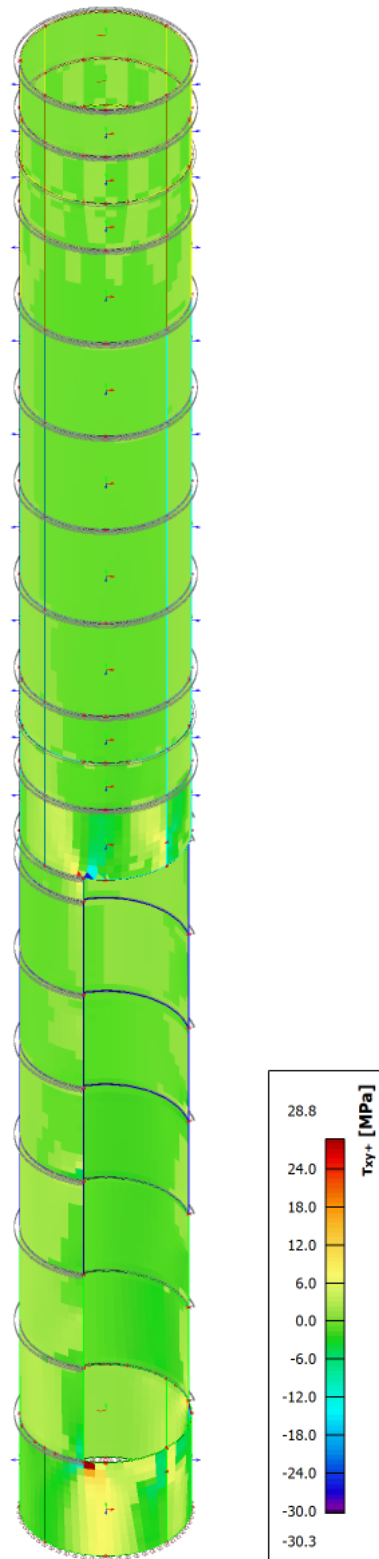
Obrázek 49 – Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu:



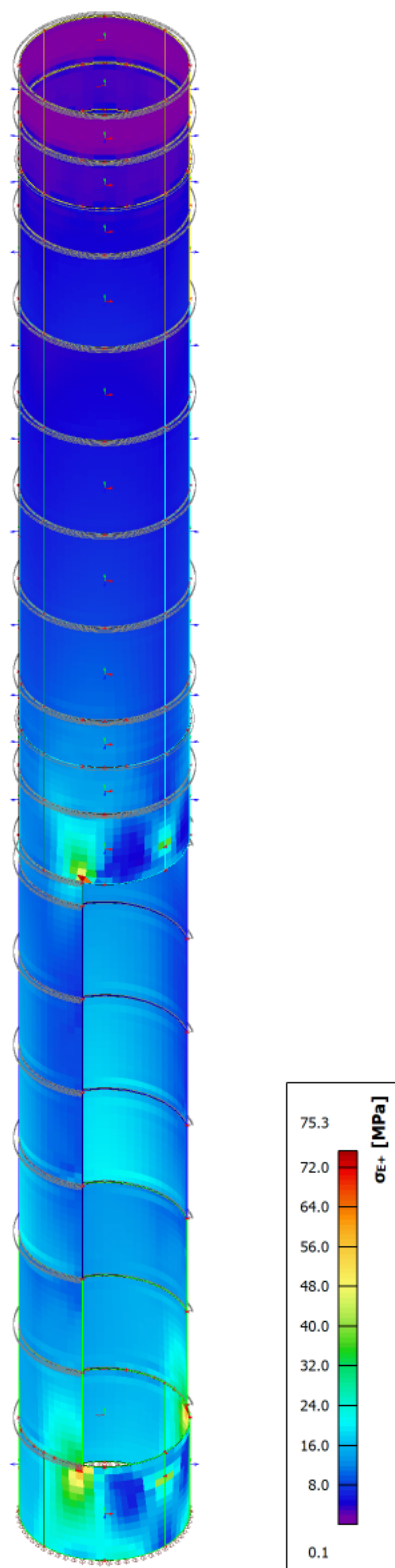
Obrázek 50 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu

Základní smykové napětí při kladném povrchu:



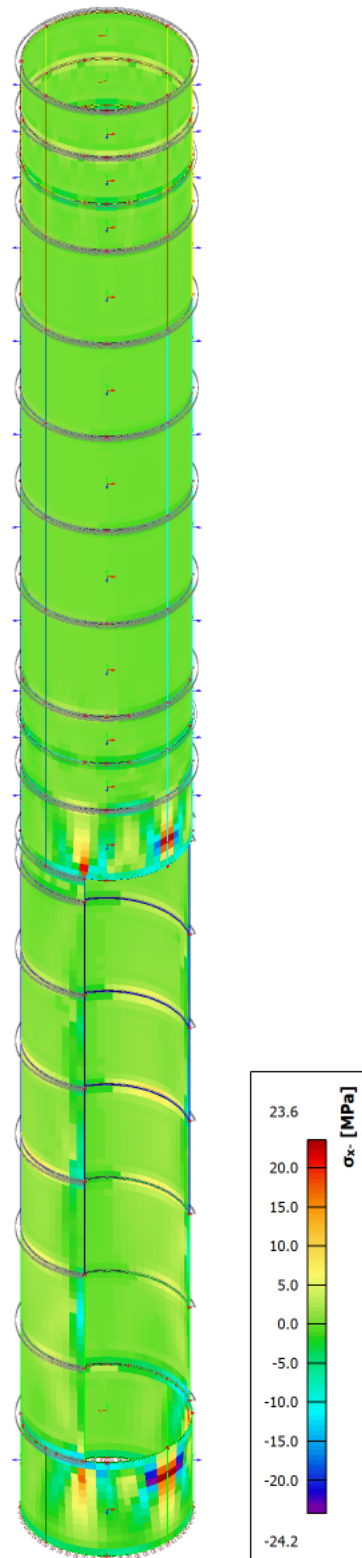
Obrázek 51 - Základní smykové napětí při kladném povrchu

Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu:



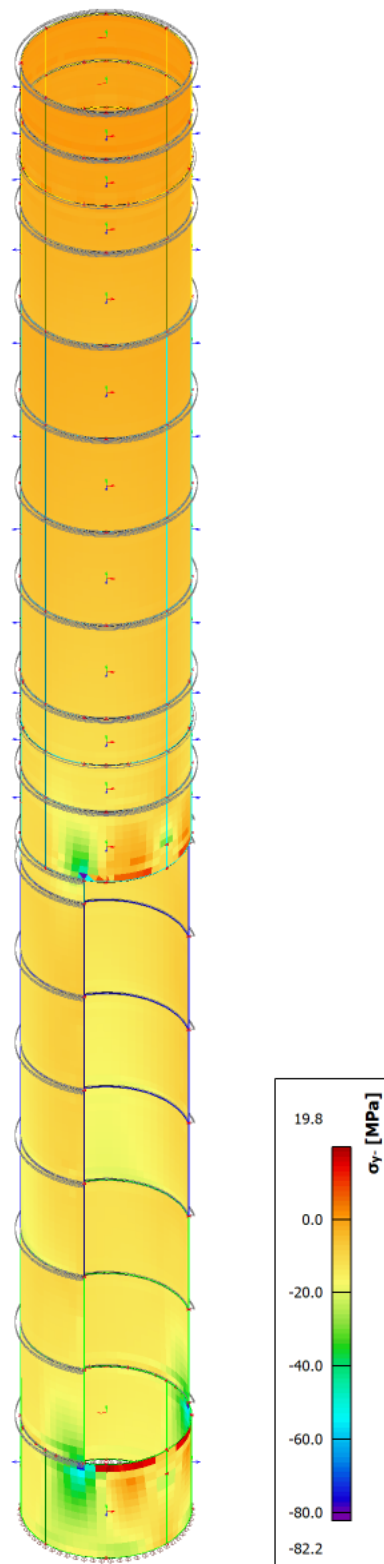
Obrázek 52 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu

Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu:



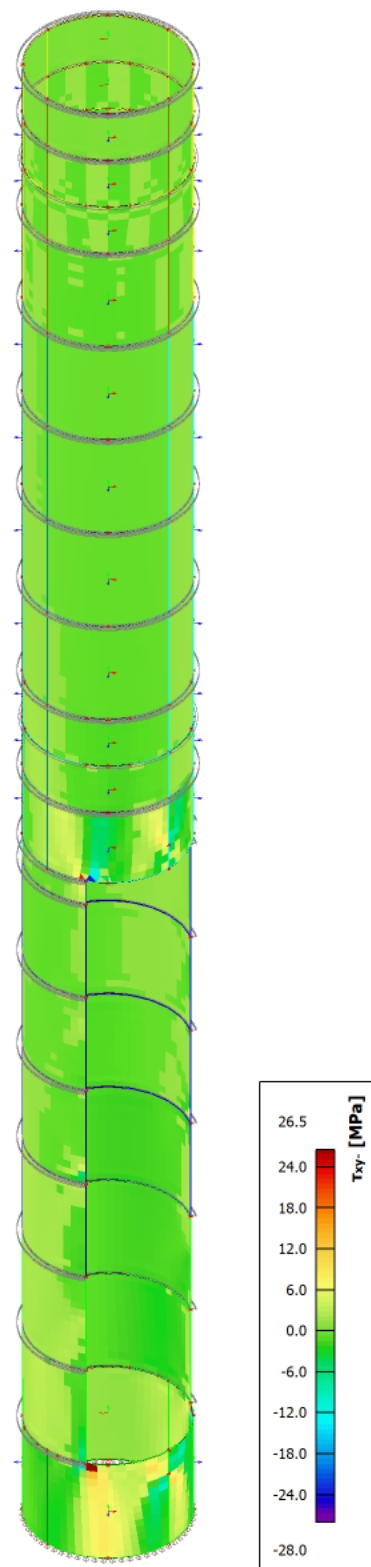
Obrázek 53 - Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu

Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu:



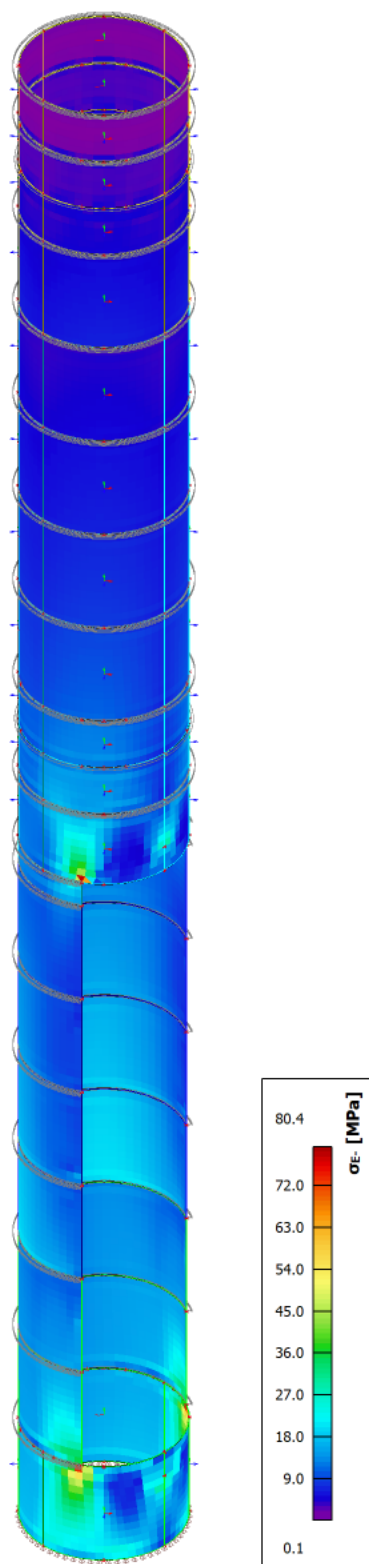
Obrázek 54 - Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu

Základní smykové napětí při záporném povrchu:



Obrázek 55 - Základní smykové napětí při záporném povrchu

Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu:



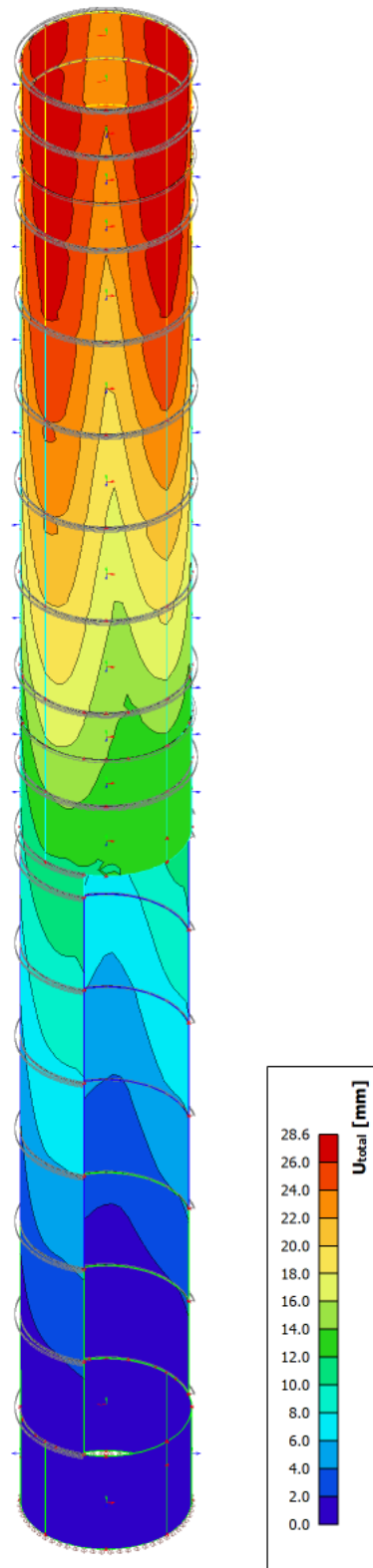
Obrázek 56 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu

7.2.6 PRŮBĚH DEFORMACE

Maximální přípustná deformace komína dle normy je

$$\delta_{max} = h/50 = 62000/50 = 1240 \text{ mm} > 28,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

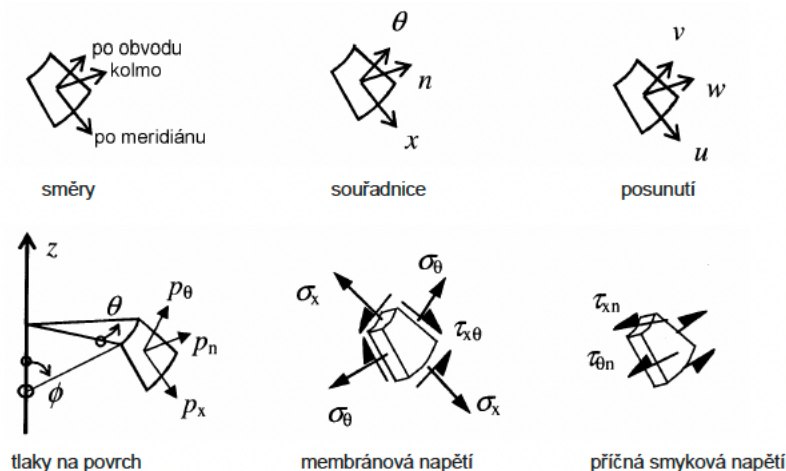


Obrázek 57 – Celková deformace tubusu od kombinace MSP charakteristická

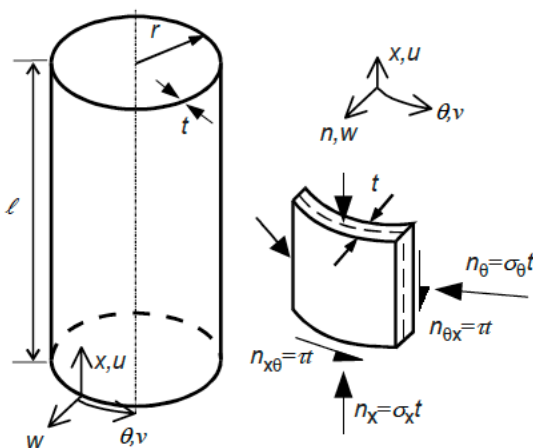
7.2.7 BOULENÍ

Pro posouzení boulení jsou nutné splnit tři podmínky a jejich následnou interakci. První podmínkou je osově napětí, další obvodové napětí, a nakonec smykové napětí.

Značení a geometrie:



Obrázek 58 – Značení rotačních skořepin [3]



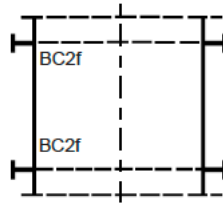
Obrázek 59 – Geometrie skořepiny [3]

Okrajové podmínky:

Kód okrajové podmínky	Název	Popis vazby	Posunutí kolmo k povrchu	Posunutí v meridiálním směru	Pootočení meridiánu
BC1r	vetknutí	radiální vazba meridiální vazba vazba pootočení	$w = 0$	$u = 0$	$\beta_\theta = 0$
BC1f		radiální vazba meridiální vazba volné pootočení	$w = 0$	$u = 0$	$\beta_\theta \neq 0$
BC2r		radiální vazba volné ve směru meridiánu vazba pootočení	$w = 0$	$u \neq 0$	$\beta_\theta = 0$
BC2f	kloub	radiální vazba volné ve směru meridiánu volné pootočení	$w = 0$	$u \neq 0$	$\beta_\theta \neq 0$
BC3	volný okraj	volné v radiálním směru volné v meridiálním směru volné pootočení	$w \neq 0$	$u \neq 0$	$\beta_\theta \neq 0$

POZNÁMKA Posunutí v (viz obrázek 1.1) v obvodovém směru je těsně svázáno s radiálním posunutím w ve směru kolmo k povrchu, proto se pro tyto dva parametry samostatné okrajové podmínky nerozlišují (viz (4)), ale hodnoty ve sloupci 4 se mají použít pro posunutí.

Tabulka 6 – Okrajové podmínky skořepin [4]



Obrázek 60 – Část válce vyztuženého prstenci [3]

Osový tlak:

Délkový parametr:

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}} = \frac{4000}{\sqrt{3000 \cdot 8}} = 25,82$$

Kde

 l je délka úseku = 4 m r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Podmínka pro střední válce:

$$1,7 \leq \omega \leq 0,5 \frac{r}{t}$$

$$1,7 \leq 25,82 \leq 187,5$$

Splněno, jedná se o střední válce

Kde

 ω je délkový parametr = 25,82 r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m t je tloušťka skořepiny = 8 mm C_x je součinitel = 1,0 C_{xb} je součinitel vlivu okrajových podmínek = 1,0

Charakteristická amplituda imperfekce:

$$\Delta w_k = \frac{1}{Q} \cdot \sqrt{\frac{r}{t}} \cdot t = \frac{1}{25} \cdot \sqrt{\frac{3000}{8}} \cdot 8 = 6,2$$

Kde

 Q je součinitel vlivu jakosti výroby (třída B vysoká) = 25 r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Osový součinitel imperfekce v pružném stavu:

$$\alpha_x = \frac{0,62}{1 + 1,91 \cdot (\Delta w_k / t)^{1,44}} = \frac{0,62}{1 + 1,91 \cdot (6,2/8)^{1,44}} = 0,27$$

Kde

 Δw_k je charakteristická amplituda imperfekce = 6,2 $\bar{\lambda}_{x0}$ je osová štíhlost při stlačení = 0,2 β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6 η je interakční exponent = 1,0

Pružné kritické osové napětí při boulení:

$$\alpha_{x,Rcr} = 0,605 \cdot E \cdot C_x \frac{t}{r} = 0,605 \cdot 210000 \cdot 1,0 \frac{8}{3000} = 338,8 \text{ MPa}$$

Kde

E je modul pružnosti = 210 GPa

C_x je součinitel = 1,0

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Mezní relativní štíhlost v plastické oblasti:

$$\bar{\lambda}_{px} = \sqrt{\frac{\alpha_x}{1 - \beta}} = \sqrt{\frac{0,27}{1 - 0,6}} = 0,82$$

Kde

α_x je osový součinitel imperfekce v pružném stavu = 0,27

β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6

Parametr poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{x,Rcr}} = \sqrt{235 / 338,8} = 0,83$$

Kde

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

$\alpha_{x,Rcr}$ je pružné kritické osové napětí při boulení = 338,8 MPa

Podmínka boulení:

$$\frac{r}{t} \geq 0,03 \frac{E}{f_{yk}}$$

$$375 \geq 26,8$$

Splněno, válec boulí

Kde

E je modul pružnosti = 210 GPa

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Návrhové osové napětí (z globálního modelu):

$$\sigma_{x,Ed} = 75,2 \text{ MPa}$$

Obvodový tlak:

Podmínka pro střední válec:

$$20 \leq \frac{\omega}{C_\theta} \leq 1,63 \frac{r}{t}$$

$$20 \leq 25,82 \leq 611,25$$

Splněno, jedná se o střední válec

Kde

ω je délkový parametr = 25,82

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

C_θ je součinitel boulení při vnějším tlaku (případ 3) = 1,0

α_θ je součinitel v závislosti na třídě výroby (třída B vysoká) = 0,65

$\bar{\lambda}_{\theta 0}$ je obvodová štíhlost při stlačení = 0,4

β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6

η je interakční exponent = 1,0

Pružné kritické obvodové napětí:

$$\alpha_{\theta,RCR} = 0,92 \cdot E \frac{C_\theta}{\omega} \cdot \frac{t}{r} = 0,92 \cdot 210000 \frac{1,0}{25,82} \cdot \frac{8}{3000} = 19,95 \text{ MPa}$$

Kde

E je modul pružnosti = 210 GPa

C_θ je součinitel boulení při vnějším tlaku (případ 3) = 1,0

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Mezní relativní štíhlost v plastické oblasti:

$$\bar{\lambda}_{p\theta} = \sqrt{\frac{\alpha_\theta}{1-\beta}} = \sqrt{\frac{0,65}{1-0,6}} = 1,27$$

Kde

α_θ je součinitel v závislosti na třídě výroby (třída B vysoká) = 0,65

β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6

Parametr poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_\theta = \sqrt{f_{yk}/\sigma_{\theta,RCR}} = \sqrt{235/19,95} = 3,43$$

Kde

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

$\sigma_{\theta,RCR}$ je pružné kritické obvodové napětí při boulení = 19,95 MPa

Podmínka boulení:

$$\frac{r}{t} \geq 0,21 \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}}$$

$$375 \geq 6,28$$

Splněno, válec boulí

Kde

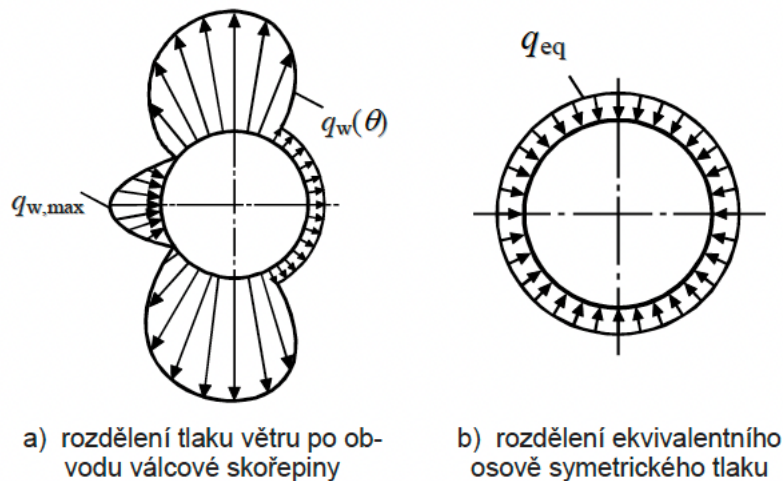
E je modul pružnosti = 210 GPa

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Náhrada skutečného rozdělení vnějšího tlaku větru:



Obrázek 61 – Náhrada skutečného rozdělení vnějšího tlaku větru [1]

$$k_w = 0,46 \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{C_\theta}{\omega} \cdot \frac{r}{t}} \right) = 0,46 \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{1,0}{25,82} \cdot \frac{3000}{8}} \right) = 0,64$$

Kde

ω je délkový parametr = 25,82

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

C_θ je součinitel boulení při vnějším tlaku (případ 3) = 1,0

$$q_{eq} = k_w \cdot q_{w,max} = 0,64 \cdot 1,049 = 0,67 \text{ kN/m}^2$$

Kde

k_w je transformační součinitel = 0,64

$q_{w,max}$ je maximální tlak větru (viz kapitola 5.4.2) = 0,862 kN/m²

Návrhové obvodové napětí:

$$\sigma_{\theta,Ed} = q_{eq} \cdot \frac{r}{t} = 0,67 \cdot \frac{3000}{8} = 0,25 \text{ MPa}$$

Smyk:

Podmínka pro střední válece:

$$10 \leq \omega \leq 8,7 \frac{r}{t}$$

$$10 \leq 25,82 \leq 3262,5$$

Splněno, jedná se o střední válece

Kde

ω je délkový parametr = 25,82

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

C_τ je součinitel = 1,0

$\alpha_\tau = 0,65$ je součinitel v závislosti na třídě výroby (třída B vysoká) = 0,65

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

$\bar{\lambda}_{\tau 0}$ je smyková štíhlost při stlačení = 0,4
 β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6
 η je interakční exponent = 1,0

Pružné kritické smykové napětí při boulení:

$$\tau_{x\theta, Rcr} = 0,75 \cdot E \cdot C_{\tau} \sqrt{\frac{1}{\omega} \cdot \frac{t}{r}} = 0,75 \cdot 210000 \cdot 1,0 \sqrt{\frac{1}{25,82} \cdot \frac{8}{3000}} = 82,66 \text{ MPa}$$

Kde

E je modul pružnosti = 210 GPa

C_{τ} je součinitel = 1,0

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Mezní relativní štíhlost v plastické oblasti:

$$\bar{\lambda}_{p\tau} = \sqrt{\frac{\alpha_{\tau}}{1 - \beta}} = \sqrt{\frac{0,65}{1 - 0,6}} = 1,27$$

Kde

α_{τ} je součinitel v závislosti na třídě výroby (třída B vysoká) = 0,65

β je součinitel rozsahu plastické oblasti = 0,6

Parametr poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_{\tau} = \sqrt{(f_{yk}/\sqrt{3})/\tau_{x\theta, Rcr}} = \sqrt{(235/\sqrt{3})/82,66} = 1,28$$

Kde

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

$\tau_{x\theta, Rcr}$ je pružné kritické smykové napětí při boulení = 82,66 MPa

Podmínka boulení:

$$\frac{r}{t} \geq 0,16 \left(\sqrt{\frac{E}{f_{yk}}} \right)^{0,87}$$

$$375 \geq 15,18$$

Splněno, válec boulí

Kde

E je modul pružnosti = 210 GPa

f_{yk} je mez kluzu = 235 MPa

r je poloměr střednicové plochy skořepiny = 3 m

t je tloušťka skořepiny = 8 mm

Návrhové osově napětí (z globálního modelu):

$$\tau_{x\theta, Ed} = 9,2 \text{ MPa}$$

Únosnost při boulení:

Součinitele vzpěrnosti:

$$\begin{aligned} \chi &= 1 && \text{pro } \bar{\lambda} \leq \bar{\lambda}_0 \\ \chi &= 1 - \beta \left(\frac{\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0}{\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_0} \right)^\eta && \text{pro } \bar{\lambda}_0 < \bar{\lambda} < \bar{\lambda}_p \\ \chi &= \frac{\alpha}{\bar{\lambda}^2} && \text{pro } \bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda} \end{aligned}$$

Kde

 $\bar{\lambda}_0$ je příslušná štíhlost při stlačení $\bar{\lambda}$ je příslušný parametr poměrné štíhlosti $\bar{\lambda}_p$ je příslušná mezní relativní štíhlost v plastické oblasti η je interakční exponent = 1,0

Součinitele vzpěrnosti pro jednotlivé směry namáhání:

$$\chi_x = 0,38$$

$$\chi_\theta = 0,06$$

$$\chi_\tau = 0,40$$

Charakteristická únosnost při boulení:

$$\sigma_{x,Rk} = \chi_x \cdot f_{yk} = 0,38 \cdot 235 = 90,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\theta,Rk} = \chi_\theta \cdot f_{yk} = 0,06 \cdot 235 = 12,97 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x\theta,Rk} = \frac{\chi_\tau \cdot f_{yk}}{\sqrt{3}} = 0,4 \cdot \frac{235}{\sqrt{3}} = 53,67 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost při boulení:

$$\sigma_{x,Rd} = \frac{\sigma_{x,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{90,38}{1,1} = 82,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\theta,Rd} = \frac{\sigma_{\theta,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{12,97}{1,1} = 11,79 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x\theta,Rd} = \frac{\tau_{x\theta,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{53,67}{1,1} = 48,79 \text{ MPa}$$

Kde

 γ_{M1} je bezpečnostní součinitel = 1,1

Omezení napětí při boulení:

$$\sigma_{x,Ed} = 75,2 \text{ MPa} \leq \sigma_{x,Rd} = 82,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\theta,Ed} = 0,25 \leq \sigma_{\theta,Rd} = 11,79 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x\theta,Ed} = 9,2 \text{ MPa} \leq \tau_{x\theta,Rd} = 48,79 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Vyhovuje

Vyhovuje

Interakční podmínka:

$$k_x = 1,25 + 0,75 \cdot \chi_x = 1,538$$

$$k_\theta = 1,25 + 0,75 \cdot \chi_\theta = 1,291$$

$$k_\tau = 1,75 + 0,25 \cdot \chi_\tau = 1,849$$

$$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2 = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}}\right)^{k_\tau} \leq 1$$

$$0,93 \leq 1$$

VyhovujeVon Misesova podmínka:

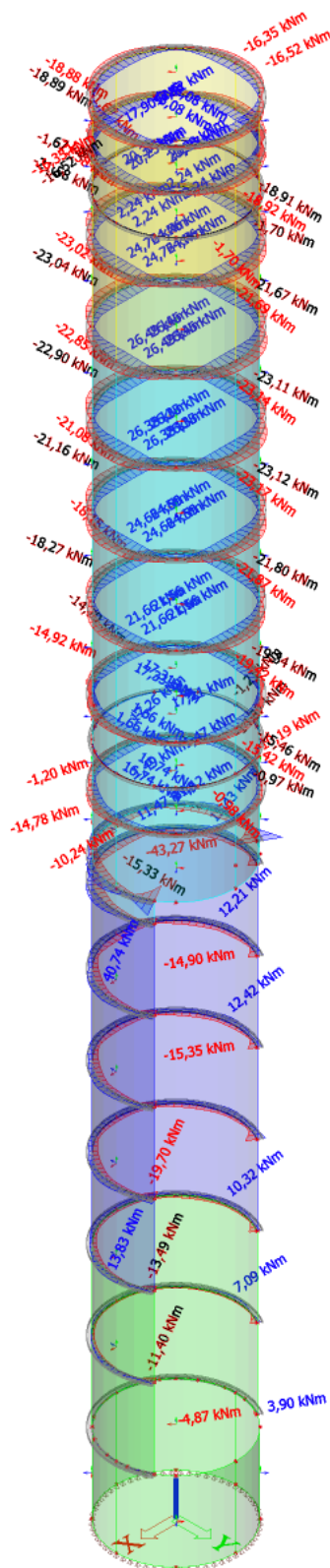
$$\sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{\theta,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{\theta,Ed} + 3 \cdot \tau_{x\theta,Ed}^2} \leq f_{yk}$$

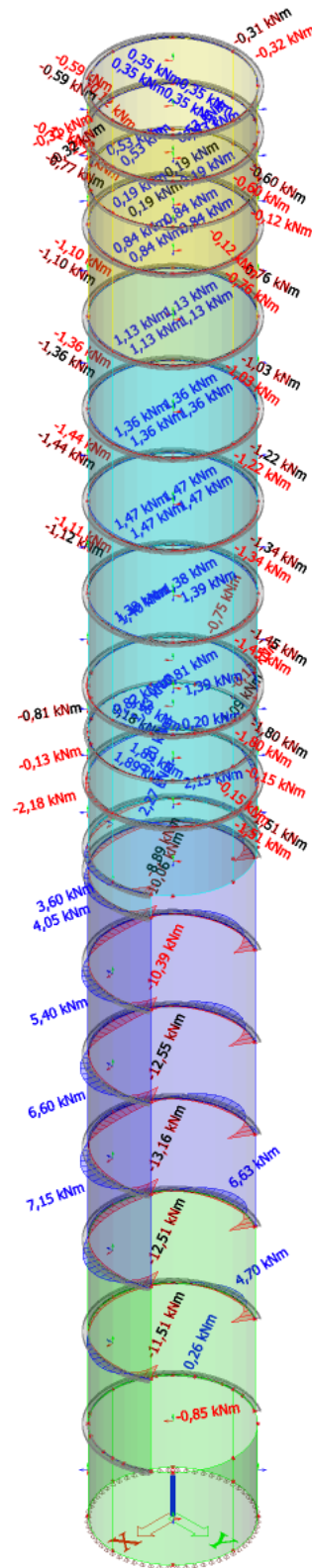
$$76,75 \leq 235$$

Vyhovuje

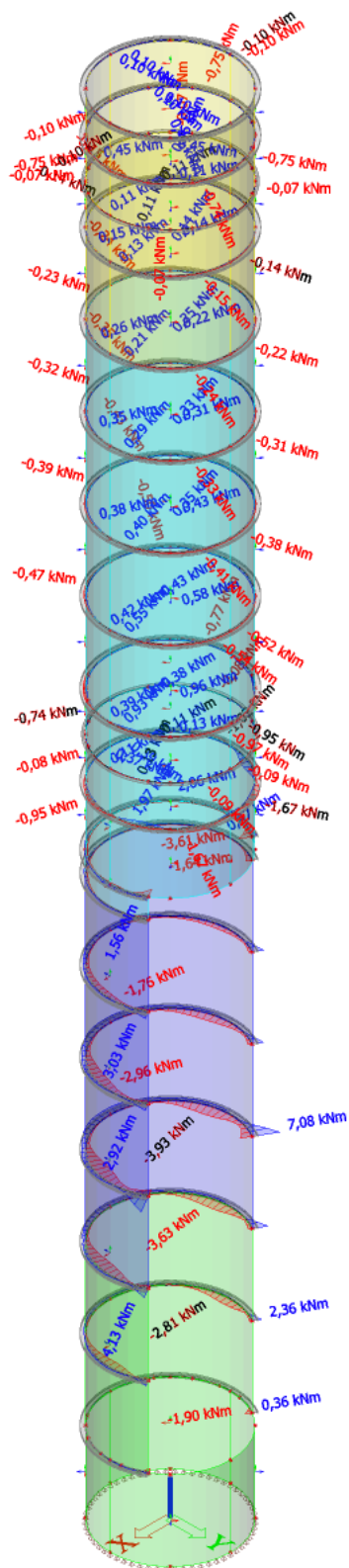
7.3 VÝZTUHY

7.3.1 PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL

Ohybové momenty M_y :Obrázek 62 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav



Obrázek 63 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav

Obrázek 64 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seizmická

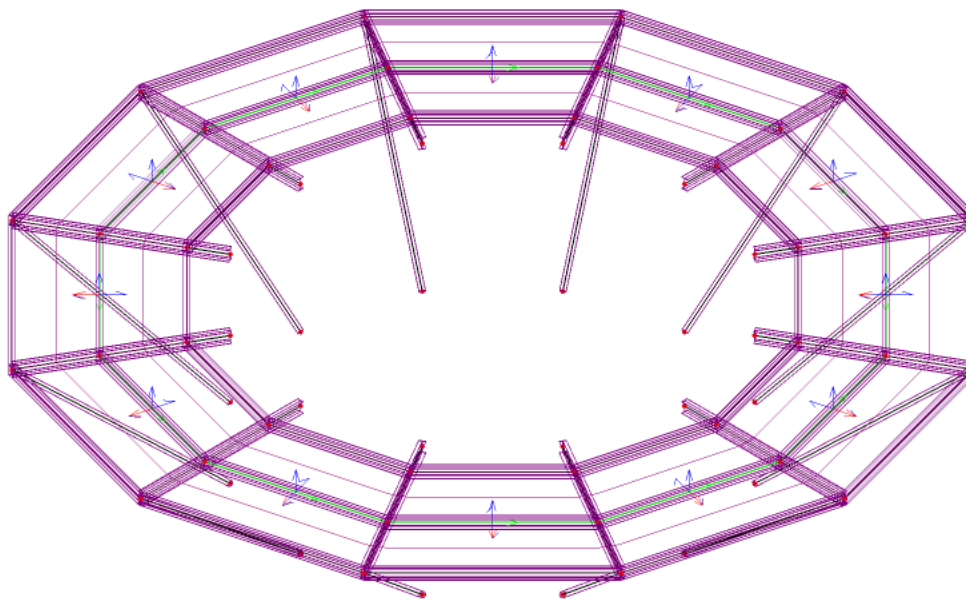
7.3.2 POSOUZENÍ VÝZTUH

$M_{y,Ed} =$	43,27 kNm	Ohybový moment z globálního modelu
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu
$E =$	210000 MPa	Model pružnosti
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel
$f_{yd} =$	204,35 MPa	
	IPE 200	Vybraný průřez
$W_{pl,y} =$	220600 mm ³	Plastický průřezový modul
$M_{Rd} =$	45,08 kNm	$>$ $M_{y,Ed} =$ 43,27 kNm
VYHOVUJE		
Využití:	95,99 %	

Tabulka 7 – Posouzení výztuhy na ohyb

7.4 OCHOZY

7.4.1 SCHÉMA A PŘEHLED PRVKŮ OCHOZŮ



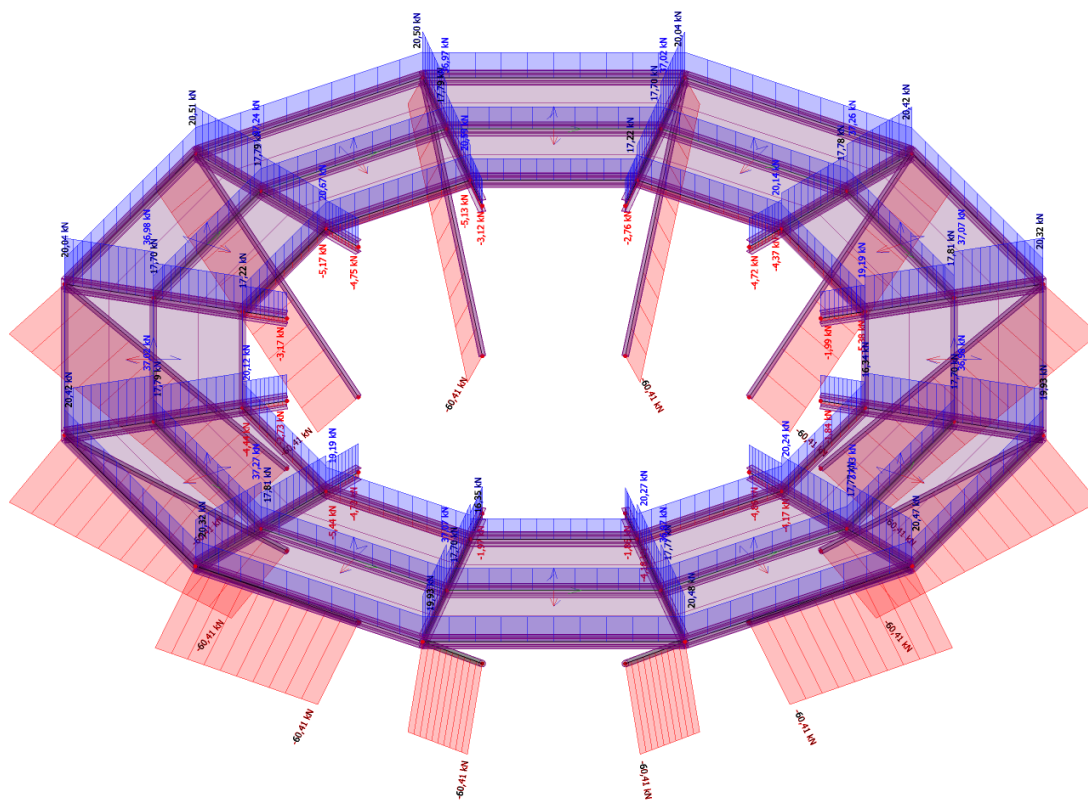
Obrázek 65 – Schéma ochozu

Ochozy						
popis	délka [m]	počet [ks]	profil	plocha [m ²]	váha na MJ	c. váha [kg]
konzola	2,5	24	IPE 160	2009	15,8	948
vzpěra	3,2	24	TR 76/4	905	7,11	546
vnitřní nosník	1,81	24	IPE 140	1643	12,9	560
střední nosník	2,33	24	IPE 140	1643	12,9	721
vnější nosník	2,85	24	IPE 140	1643	12,9	882

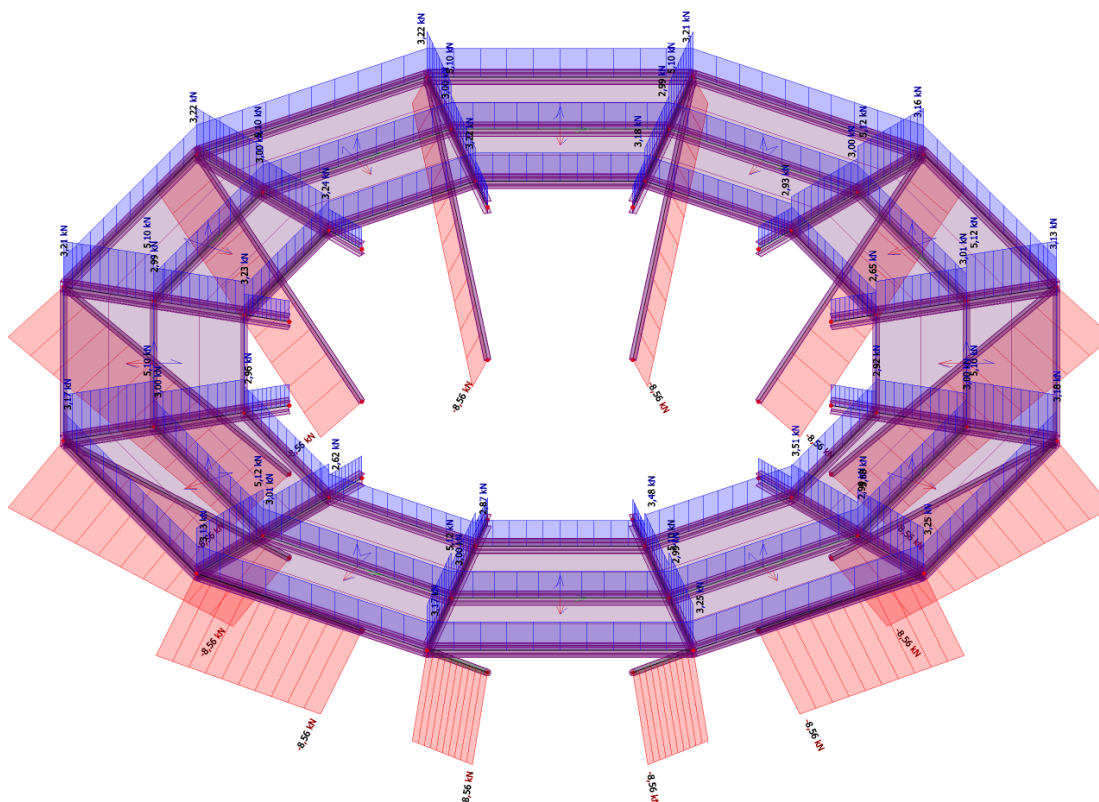
Tabulka 8 – Přehled prvků ochozů

7.4.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

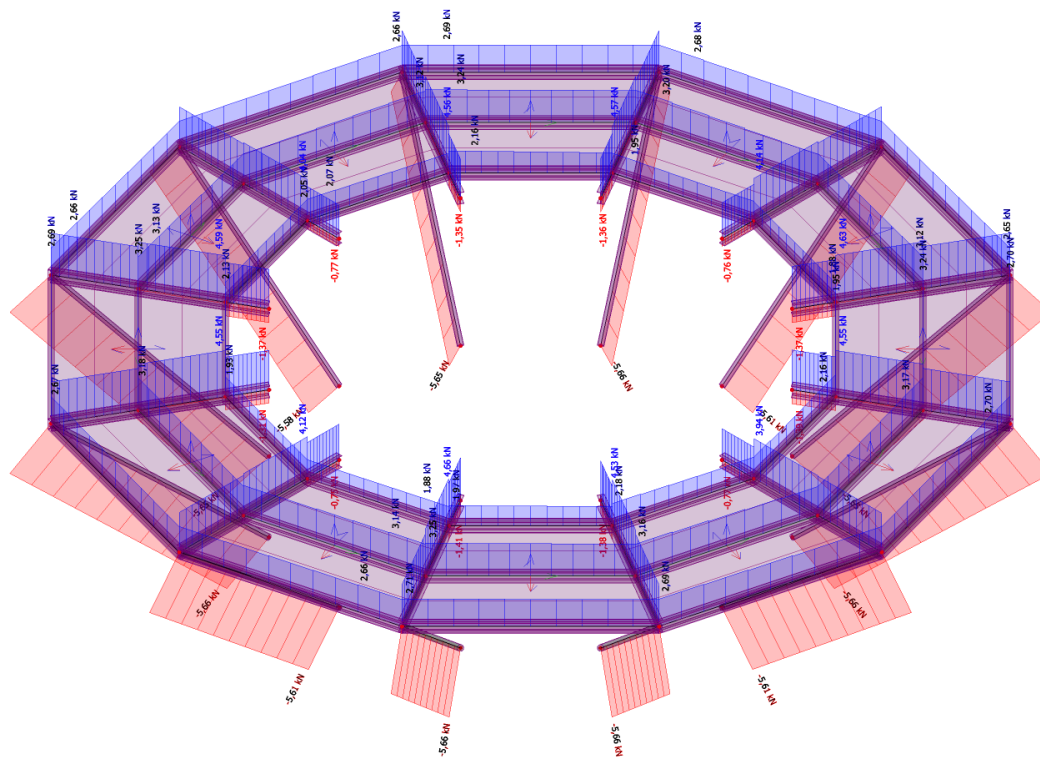
Normálové síly N:



Obrázek 66 – Normálová síla N od kombinace MSÚ běžný stav

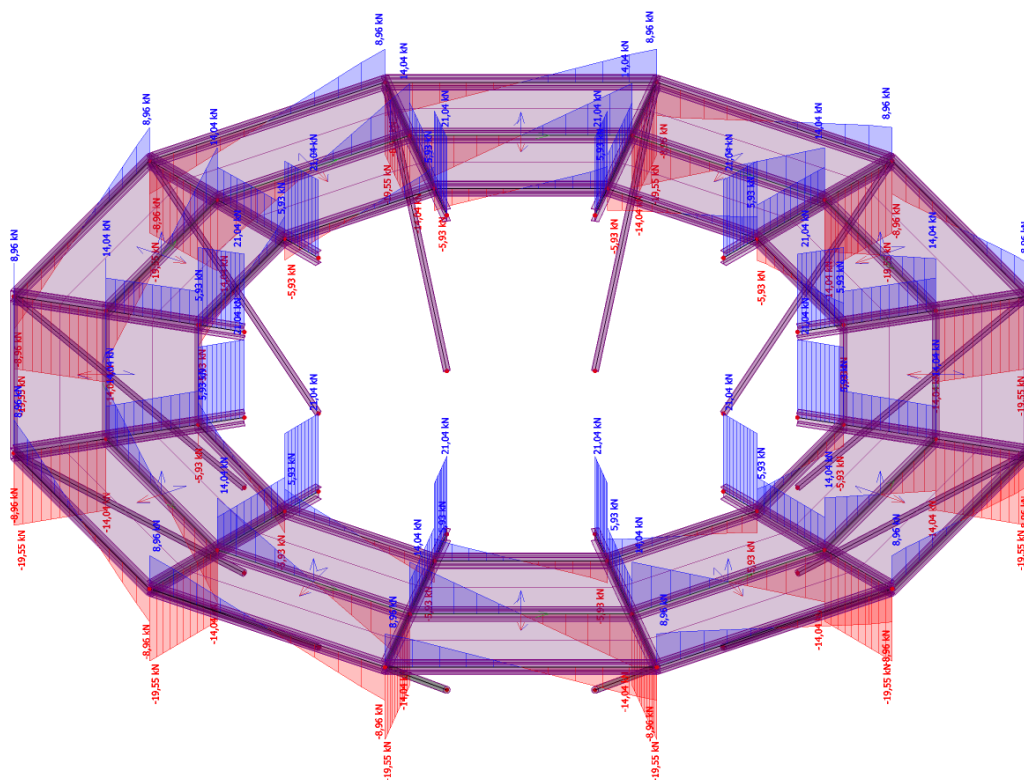


Obrázek 67 – Normálová síla N od kombinace MSÚ poruchový stav

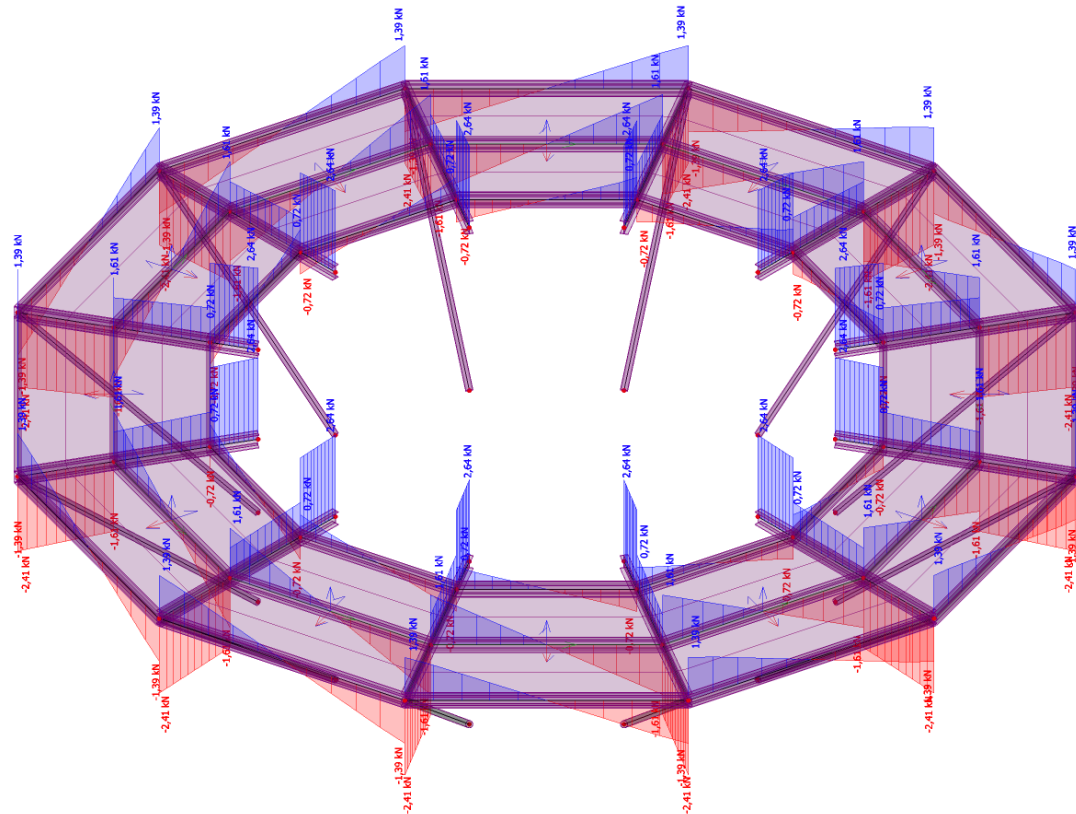


Obrázek 68 – Normálová síla N od kombinace MSÚ seizmická

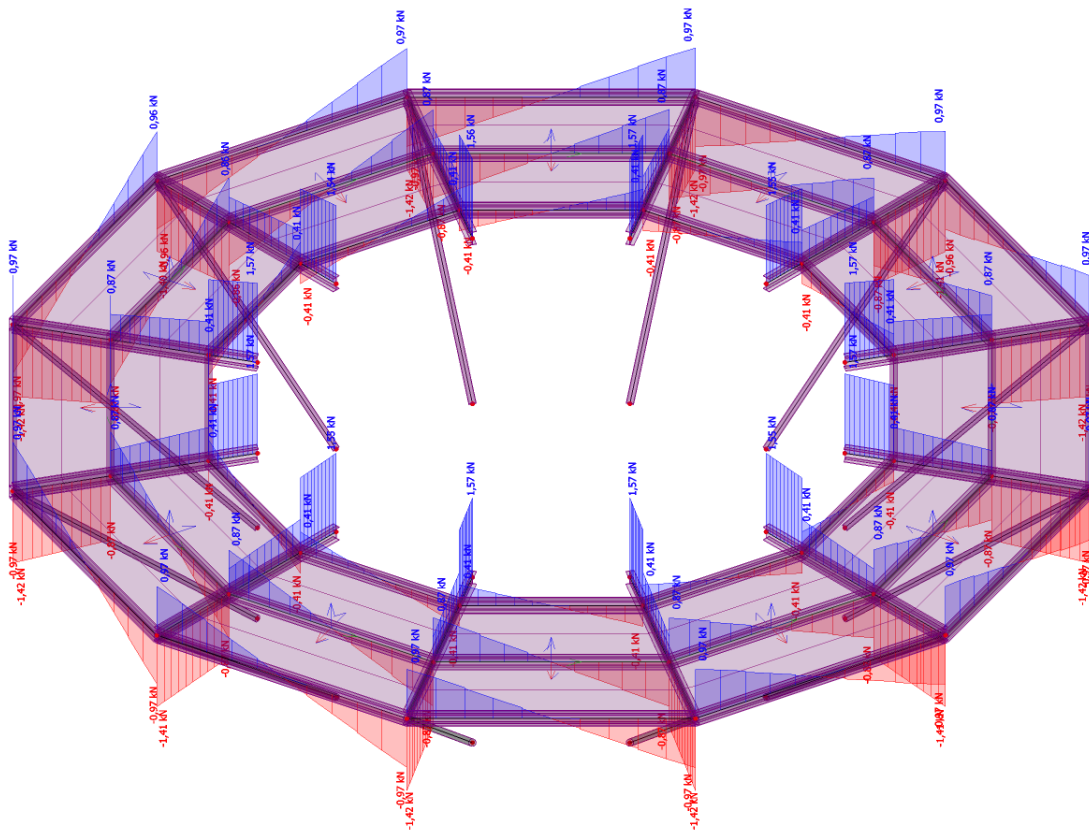
Posouvající síly V_z :



Obrázek 69 – Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ běžný stav

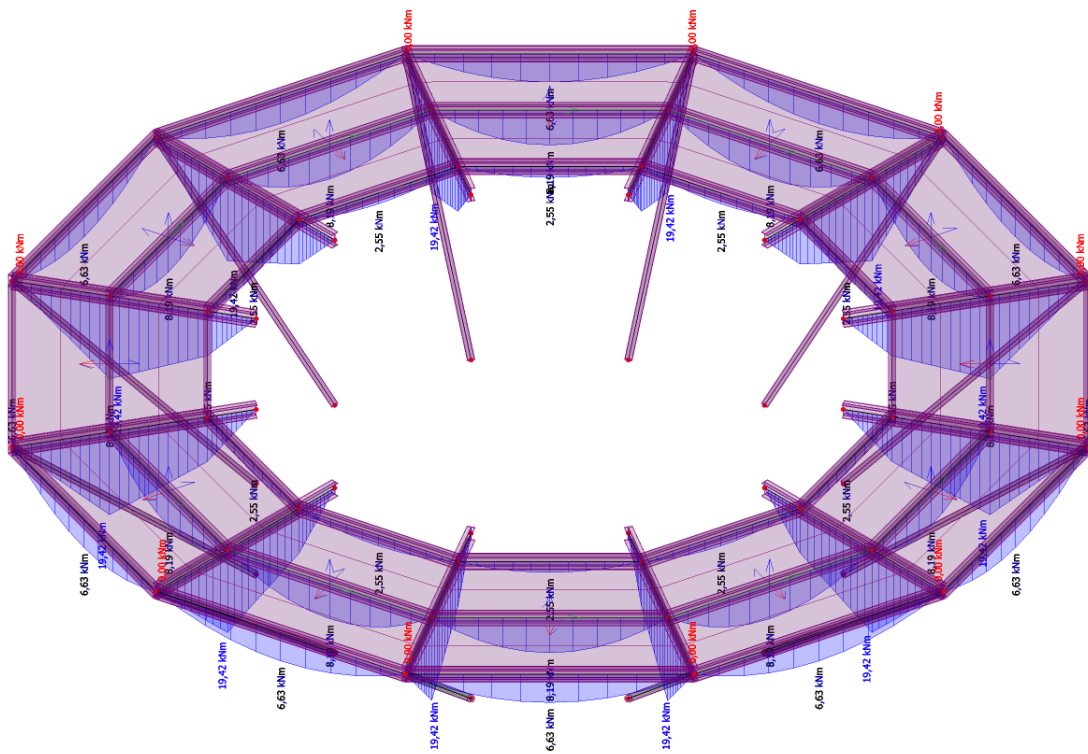


Obrázek 70 - Posouvající síla Vz od kombinace MSÚ poruchový stav

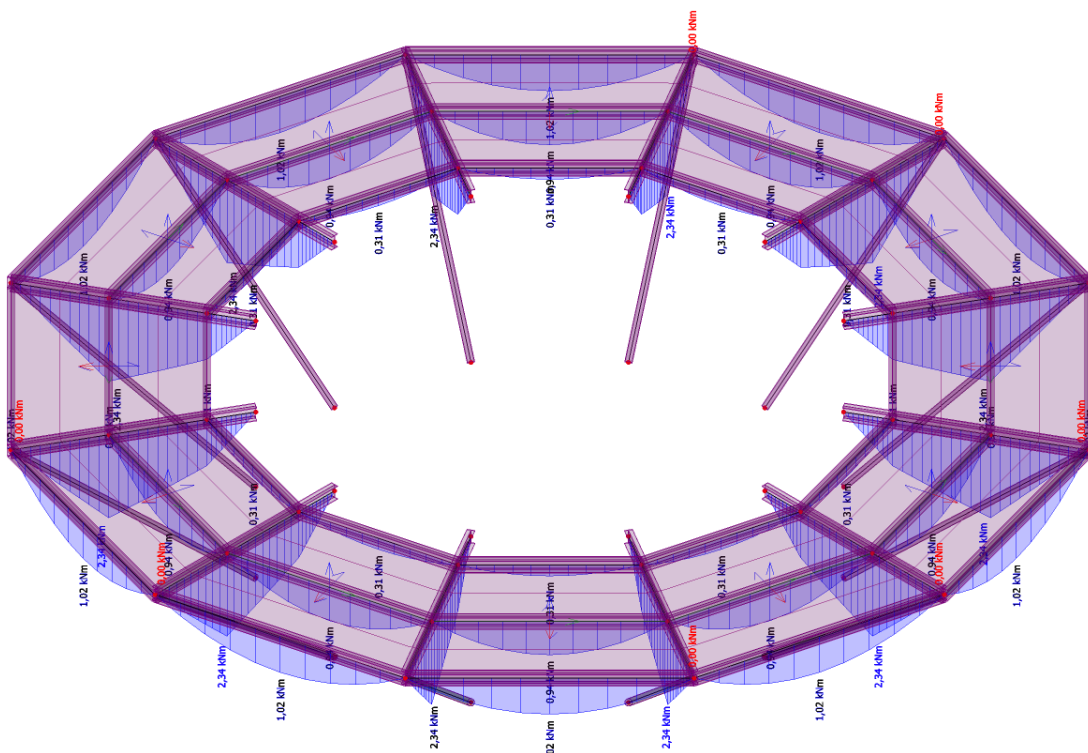


Obrázek 71 – Posouvající síla Vz od kombinace MSÚ seizmická

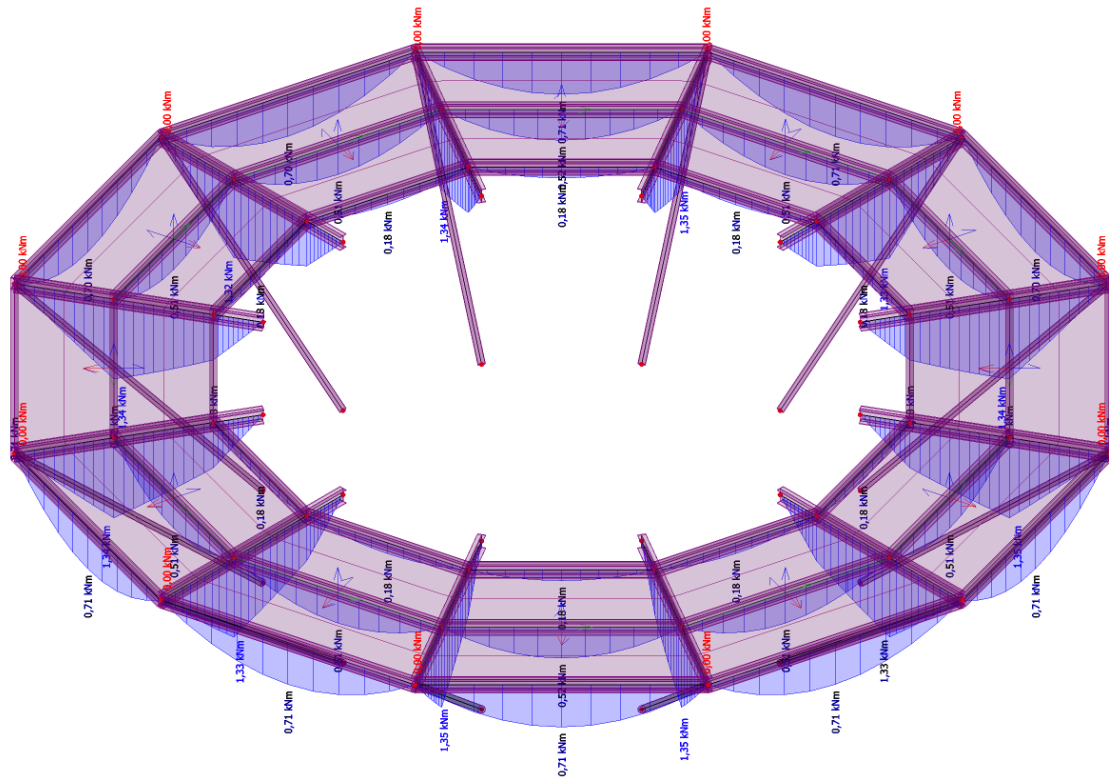
Ohybové momenty M_y :



Obrázek 72 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav



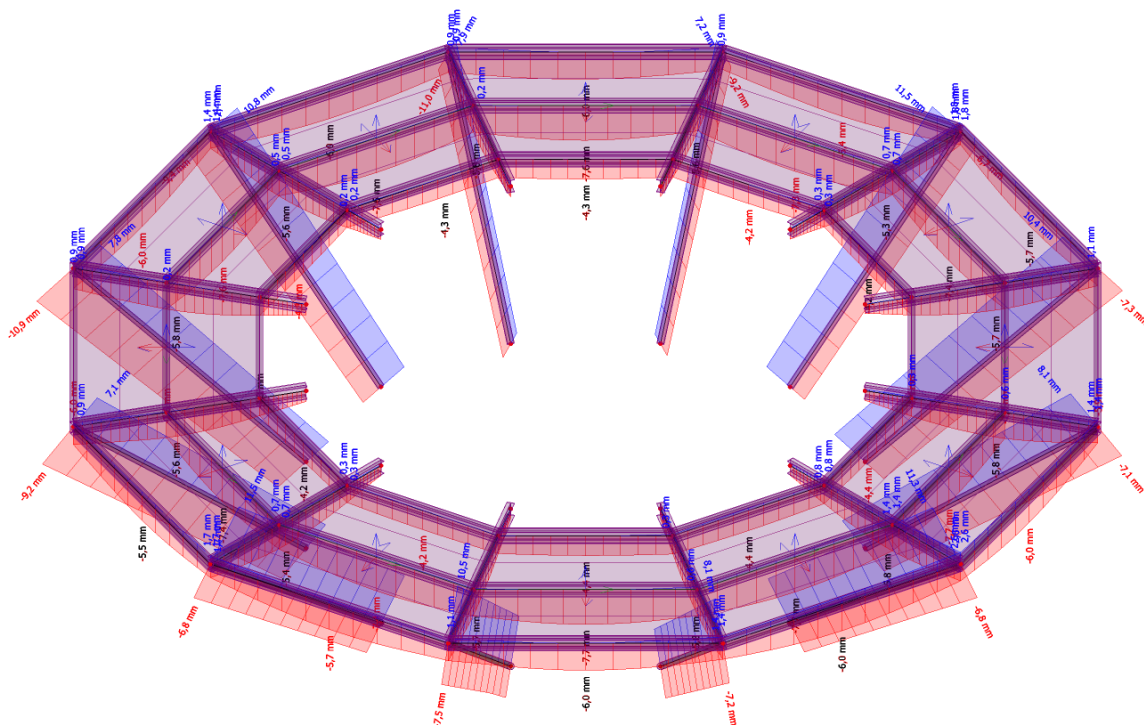
Obrázek 73 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav



Obrázek 74 – Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seismická

7.4.3 PRŮBĚHY DEFORMACÍ

Deformace u_z :



Obrázek 75 – Deformace u_z od kombinace MSP charakteristická

7.4.4 POSOUZENÍ KONZOLY

$M_{y,Ed} =$	19,42 kNm	Ohybový moment z globálního modelu		
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu		
$E =$	210000 MPa	Model pružnosti		
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel		
$f_{yd} =$	204,35 MPa			
	IPE 160	Vybraný průřez		
$W_{pl,y} =$	123900 mm ³	Plastický průřezový modul		
$M_{Rd} =$	25,32 kNm	$>$	$M_{y,Ed} =$	19,42 kNm
VYHOVUJE				
Využití:	76,70 %			

Tabulka 9 – Posouzení konzoly na ohyb

Maximální deformace na konzole od kombinace MSP charakteristická je $u_z = 5,8$ mm.
Maximální přípustná deformace je $L/250 = 2500/250 = 10$ mm

Vyhovuje

7.4.5 POSOUZENÍ PŘÍČNÉHO NOSNÍKU

$M_{y,Ed} =$	8,19 kNm	Ohybový moment z globálního modelu		
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu		
$E =$	210000 MPa	Model pružnosti		
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel		
$f_{yd} =$	204,35 MPa			
	IPE 120	Vybraný průřez		
$W_{pl,y} =$	60730 mm ³	Plastický průřezový modul		
$M_{Rd} =$	12,41 kNm	$>$	$M_{y,Ed} =$	8,19 kNm
VYHOVUJE				
Využití:	65,99 %			

Tabulka 10 – Posouzení příčného nosníku na ohyb

Maximální deformace na středním příčném nosníku od kombinace MSP charakteristická je $u_z = 7,7$ mm. Maximální přípustná deformace je $L/250 = 2330/250 = 9,32$ mm

Vyhovuje

7.4.6 POSOUZENÍ VZPĚRY

$N_{Ed} =$	60,41 kN	Normálová síla z globálního modelu		
$A =$	905 mm ²	Plocha průřezu		
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu		
$E =$	210000 MPa	Modul pružnosti		
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel		
$f_{yd} =$	204,35 MPa			
$\lambda_1 =$	93,90 -			
$\beta_a =$	1,00 -			
$\alpha =$	0,34 b	Křivka vzpěry		
TR 76/4		Vybraný průřez		
$I_y =$	5,88E+05 mm ⁴	$I_z =$	5,88E+05 mm ⁴	
$i_y =$	25,49 mm	$i_z =$	25,49 mm	
$L_{crit,y} =$	3200,00 mm	$L_{crit,z} =$	3200,00 mm	
$\lambda =$	125,54	$\lambda =$	125,54	
$\lambda_{\bar{}} =$	1,34	$\lambda_{\bar{}} =$	1,34	
$\phi =$	1,59	$\phi =$	1,59	
$\chi =$	0,41	$\chi =$	0,41	
$\min \chi =$	0,41			
$N_{Rd} =$	75,73 kN	$>$	$N_{Ed} =$	60,41 kN
VYHOVUJE				
Využití:	79,77 %			

Tabulka 11 – Posouzení vzpěry na vzpěr

7.4.7 POROROŠT

Jako pochozí vrstva jsou uvažovány svařované pororošty tloušťky 40 mm. Pro zjednodušení modelu jsou podlahové rošty uvažovány pouze jako zatížení. Rošt byl vybrán na základě tabulkové hodnoty pro příslušné užité zatížení, tj. 5 kN/m².

NOSNOSTNÍ TABULKA - ODPOROVÉ SVAŘOVANÉ ROŠTY - SP

Typ roštu	Nosný pás	Rozteče	Hmotnost * kg/m ²	**	Rozpětí v mm																			
					500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
SP 230-34/38	30 x 2 mm	34 x 38 mm	pozink: 21,5	Fv	44,75	31,10	22,85	17,50	13,80	11,20	9,25	7,75	6,60	5,70	5,00									
			f	1,3	1,9	2,6	3,4	4,3	5,3	6,4	7,6	8,9	10,4	11,9										
			bez p.ú.: 19,8	Fp	3,80	3,05	2,55	2,20	1,90	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10									
SP 330-34/38	30 x 3 mm	34 x 38 mm	28,5	f	1,2	1,7	2,3	3,0	3,8	4,6	5,5	6,6	7,6	8,8	10,1									
			Fv	67,10	46,60	34,25	26,20	20,70	16,80	13,90	11,65	9,90	8,55	7,45	6,55	5,80	5,20							
			bez p.ú.: 26,2	f	1,3	1,9	2,6	3,4	4,3	5,3	6,4	7,6	8,9	10,4	11,9	13,5	15,3	17,1						
SP 540-34/38	40 x 5 mm	34 x 38 mm	59,4	Fp	5,70	4,60	3,80	3,30	2,85	2,55	2,30	2,10	1,90	1,75	1,65	1,50	1,45	1,35						
			f	1,2	1,7	2,3	3,0	3,8	4,6	5,5	6,6	7,7	8,9	10,1	11,5	12,9	14,4							
			bez p.ú.: 54,7	Fv	198,85	138,10	101,45	77,65	61,40	49,70	41,10	34,50	29,40	25,35	22,10	19,40	17,20	15,35	13,80	12,40	11,30	10,30	9,40	8,65
			f	1,0	1,4	1,9	2,5	3,2	4,0	4,8	5,7	6,7	7,8	8,9	10,2	11,5	12,9	14,3	15,9	17,5	19,2	21,0	22,9	24,8
			Fp	16,70	13,35	11,15	9,55	8,35	7,40	6,70	6,10	5,55	5,15	4,75	4,45	4,20	3,95	3,70	3,50	3,35	3,20	3,05	2,90	2,80
			f	0,9	1,3	1,7	2,3	2,8	3,5	4,2	4,9	5,7	6,6	7,6	8,6	9,7	10,8	12,0	13,3	14,6	16,0	17,5	19,0	20,6

* Hmotnost je vypočtena pro rošty pozinkované. Pro rošty bez povrchové úpravy (bez p.ú.) platí hmotnost -8%.

** Vysvětlivky:

Fv = hodnoty zatížení u rovnoměrně rozložené zátěže v kN/m²

f = průhyb při zatížení Fv v mm

Fp = hodnoty zatížení u středově působící jednotlivé zátěže na ploše 200x200 mm v kN

f_p = průhyb při zatížení Fp v mm

Minimální šířka uložení roštu na konstrukci ve smontovaném stavu je 25 mm. (viz také ČSN 74 6930)

Žlutě: Tato oblast vymezuje podmínky, za kterých průhyb nepřekročí v zatíženém stavu hodnotu 1/200 rozteče podpor, maximálně však může být 4 mm při zatížení roštu zátěží 1,5 kN na ploše 200x200 mm v nejnepříznivějším místě.

Zeleně: je označena mez, u níž bude průhyb roštu při rovnoměrně rozložené zátěži 5 kN/m² maximálně 4 mm.

Modře: je rozlišena rozteč podpor, u níž při rovnoměrně rozloženém zatížení 5 kN/m² bude maximální průhyb 1/200 její hodnoty.

Obrázek 76 – Návrhová tabulka podlahových roštů

7.4.8 SPOJE

Šroubový přípoj konzoly a příčného nosníku:

Navrhují 4x M12, běžné rozteče, svar 3 mm

Stěna příčného nosníku ve smyku:

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{467,95 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 63,49 \text{ kN}$$

Kde

A_{vz} je smyková plocha průřezu = 467,95 mm²

f_y je mez kluzu oceli = 235 MPa

γ_{M0} je bezpečnostní součinitel = 1,0

Šrouby ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 84,27}{1,25} = 32,36 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 32,36 = 129,43 \text{ kN}$$

Kde

α_v je součinitel = 0,6

A_s je plocha šroubu = 84,27 mm²

f_u je mez pevnosti oceli šroubu = 800 MPa

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Čelní deska v otláčení:

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} e_1 / (3 \cdot d_0) \\ p_1 / (3 \cdot d_0) - 0,25 = 0,77 \\ f_{ub} / f_u \end{array} \right.$$

Kde

e_1 je poloha šroubů od kraje čelní desky = 30 mm

p_1 je rozteč šroubů = 40 mm

f_{ub} je pevnosti oceli šroubu = 800 MPa

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,77 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{\gamma_{M2}} = 66,46 \text{ kN}$$

Kde

α je součinitel = 0,77

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

d je průměr šroubu = 12 mm

t je tloušťka čelní desky = 10 mm

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 4 \cdot 66,46 = 265,85 \text{ kN}$$

Stojina konzoly v otláčení:

$$\alpha = \min \begin{cases} e_1 / (3 \cdot d_0) \\ p_1 / (3 \cdot d_0) - 0,25 = 0,78 \\ f_{ub} / f_u \end{cases}$$

Kde

e_1 je poloha šroubů od kraje čelní desky = 80 mm

p_1 je rozteč šroubů = 40 mm

f_{ub} je pevnosti oceli šroubu = 800 MPa

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,78 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{\gamma_{M2}} = 33,51 \text{ kN}$$

Kde

α je součinitel = 0,78

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

d je průměr šroubu = 12 mm

t je tloušťka stojiny = 5 mm

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$V_{z,Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 4 \cdot 33,51 = 134,03 \text{ kN}$$

Redukce vlivem oboustranného zatížení:

$$V_{z,Rd} = 134,03 - 14 = 120,03 \text{ kN}$$

Čelní deska ve smyku:

$$V_{z,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1000 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 135,68 \text{ kN}$$

Kde

A_v je smyková plocha průřezu = 1000 mm²

f_y je mez kluzu oceli = 235 MPa

γ_{M0} je bezpečnostní součinitel = 1,0

Posouzení:

Rozhoduje stojina příčného nosníku

$$V_{z,Rd} = 63,49 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} \geq V_{z,Ed}$$

$$63,49 \geq 14$$

Vyhovuje

Svar:

Zatížení rovnoběžně s osou svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{A} = \frac{14 \cdot 1000}{995,65} = 14,1 \text{ MPa}$$

Kde

A je plocha svaru = 995,65 mm²

$V_{z,Ed}$ je smyková síla působící na svar = 14 kN

$$\sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$24,42 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 0 MPa

τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = 0 MPa

τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = 14,1 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Šroubový přípoj konzoly a vzpěry:

Navrhuji 2x M12, běžné rozteče, svar 4 mm

Šrouby ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 84,27}{1,25} = 32,36 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 32,36 = 64,72 \text{ kN}$$

Kde

α_v je součinitel = 0,6

A_s je plocha šroubu = 84,27 mm²

f_u je mez pevnosti oceli šroubu = 800 MPa

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Posouzení:

$$V_{z,Rd} = 64,72 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} \geq V_{z,Ed}$$

$$64,72 \geq 16,8$$

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Čelní deska v otažení:

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} e_1 / (3 \cdot d_0) \\ p_1 / (3 \cdot d_0) - 0,25 = 1 \\ f_{ub} / f_u \end{array} \right.$$

Kde

e_1 je poloha šroubů od kraje čelní desky = 50 mm

p_1 je rozteč šroubů = 55 mm

f_{ub} je pevnosti oceli šroubu = 800 MPa

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{\gamma_{M2}} = 86,4 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = 2 \cdot F_{b,Rd} = 2 \cdot 86,4 = 172,8 \text{ kN}$$

Kde

α je součinitel = 1

f_u je mez pevnosti oceli = 360 MPa

d je průměr šroubu = 12 mm

t je tloušťka čelní desky = 10 mm

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Posouzení:

$$V_{z,Rd} = 172,8 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} \geq V_{z,Ed}$$

$$172,8 \geq 33,8$$

Vyhovuje

Svar:

Star trubky s čelní deskou trubky (zátkou)

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A} = -6,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = 79,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = 64,7 \text{ MPa}$$

Kde

A je plocha svaru = 904 mm²

F je síla působící na svar

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$138 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 79,9 MPa

τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = 64,7 MPa

τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = -6,1 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

$$|\sigma_{\perp}| \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$79,9 \leq 288$$

Vyhovuje

Kde

 σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 79,9 MPa f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Svar IPE se styčnickovým plechem:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A} = 76,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = -10 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = -9,8 \text{ MPa}$$

Kde

 A je plocha svaru = 920 mm² F je síla působící na svar

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$133,9 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

 σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = -10 MPa τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = -9,8 MPa τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = 76,5 MPa f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa β_w je korelační součinitel = 0,8 γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$|\sigma_{\perp}| \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$10 \leq 288$$

Vyhovuje

Kde

 σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = -10 MPa f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Svar 1 plechu s čelní deskou:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A} = 55,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = 120,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = 128,4 \text{ MPa}$$

Kde

A je plocha svaru = 292 mm²

F je síla působící na svar

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$270,6 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 120,6 MPa

τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = 128,4 MPa

τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = 55,4 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$|\sigma_{\perp}| \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$120,6 \leq 288$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 120,6 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Svar 2 plechu s čelní deskou:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{A} = -57,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = 121,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A} = -128,9 \text{ MPa}$$

Kde

A je plocha svaru = 292 mm²

F je síla působící na svar

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$273 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 121,0 MPa

τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = -128,9 MPa

τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = -57,9 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$|\sigma_{\perp}| \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$121 \leq 288$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 121 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

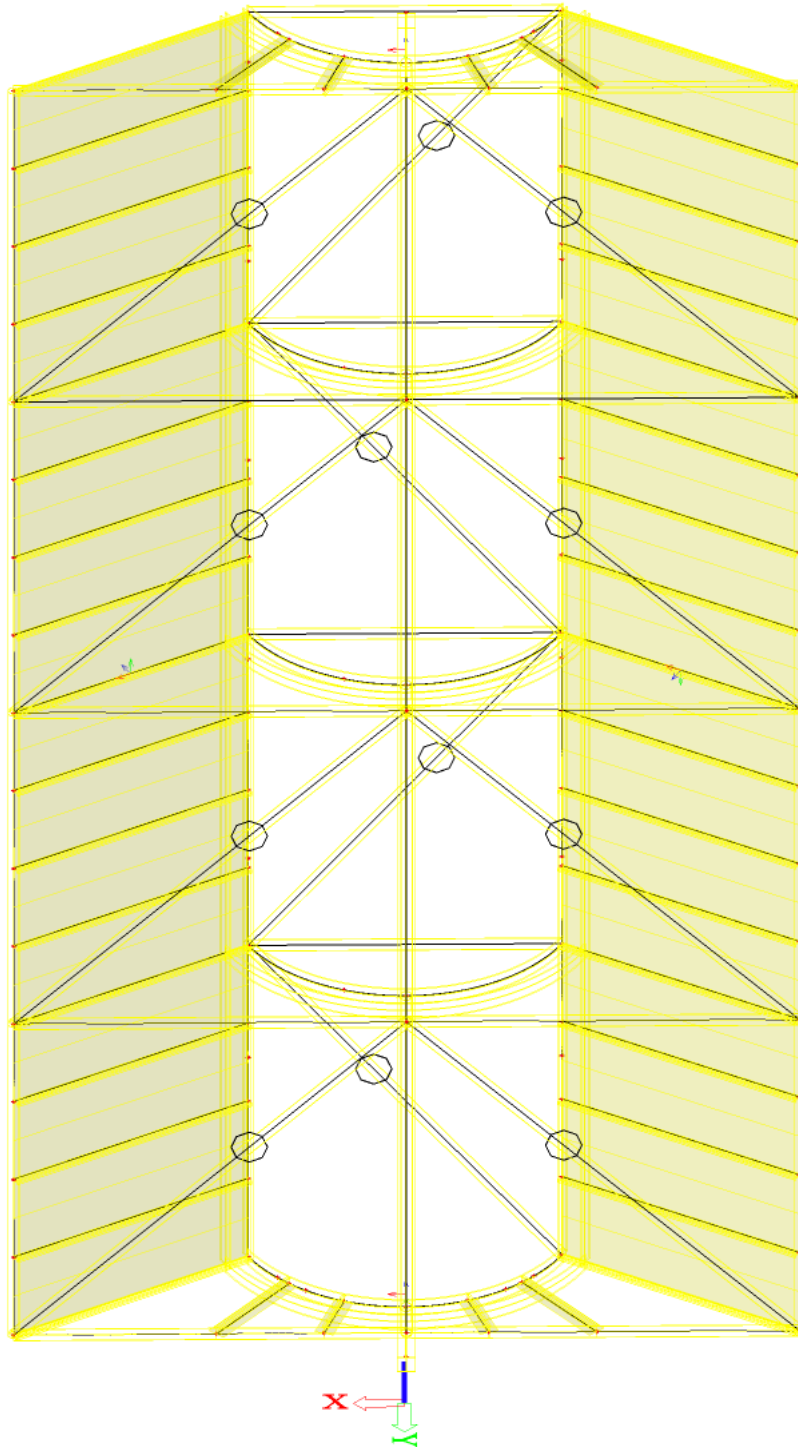
γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

7.5 PŘIPOJOVACÍ KRČEK

7.5.1 PŘEHLED PRVKŮ PŘIPOJOVACÍHO KRČKU

Připojovací krček						
popis	délka [m]	počet [ks]	profil	plocha [m ²]	váha na MJ	c. váha [kg]
lemování otvoru	2,5	2	HEB 450	21800	171,1	856
vnitřní diagonála	3,2	4	TR 194/8	4675	36,7	470
vnější diagonála	9,02	8	TR 194/8	4675	36,7	2648
boční žebra	4,51	34	IPE 140	1643	12,9	1978
vrchní žebra	1,9	8	IPE 140	1643	12,9	196
svislá výztuha	27	1	HEB 450	21800	171,1	4620
vnitřní rozpěra	5,2	4	TR 194/8	4675	36,7	763
vnější rám	140,05	1	TR 194/8	4675	36,7	5140
kruhové výztuhy	6,28	5	HEB 450	21800	171,1	5373

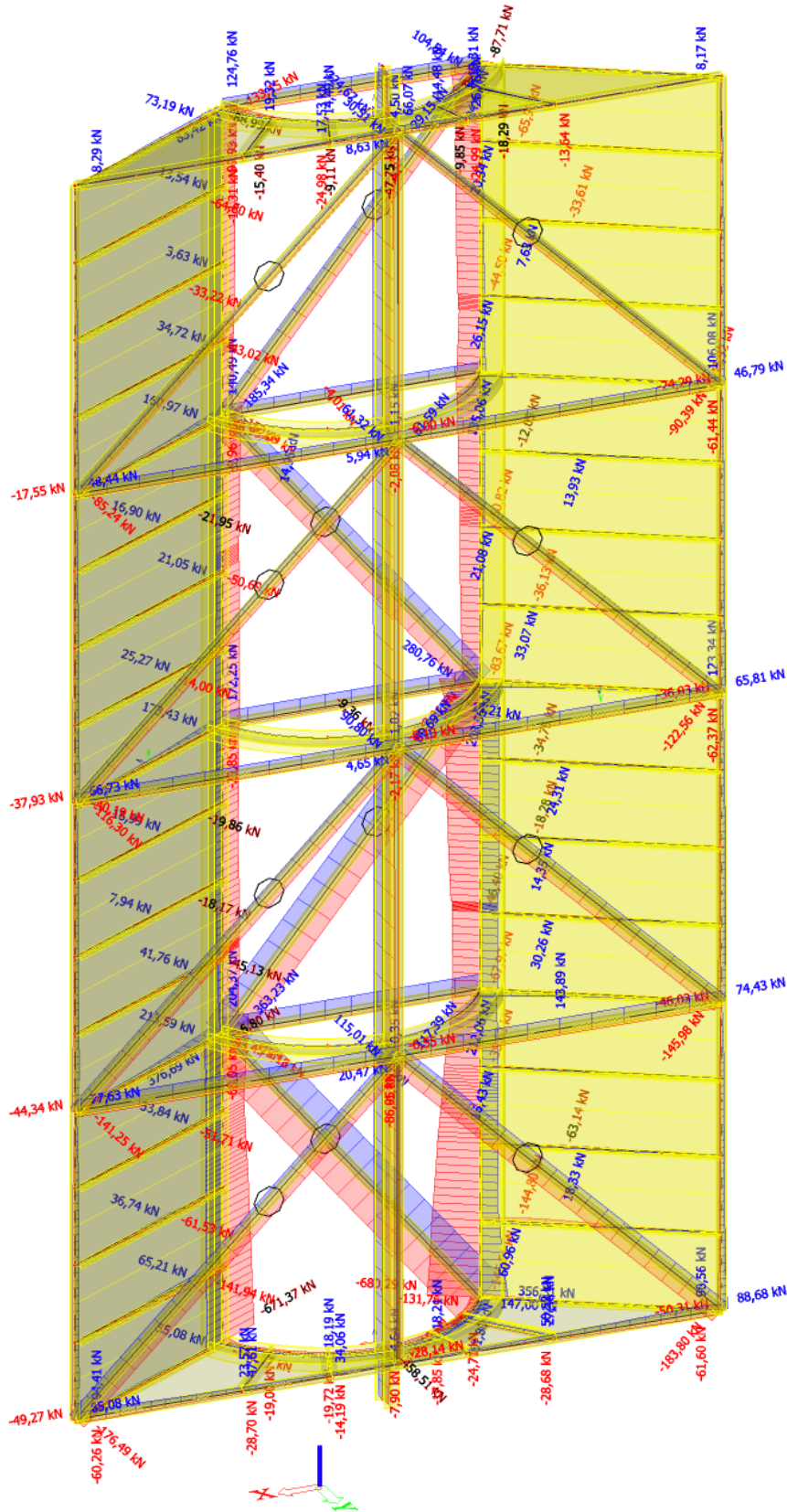
Tabulka 12 – Přehled prvků připojovacího krčku



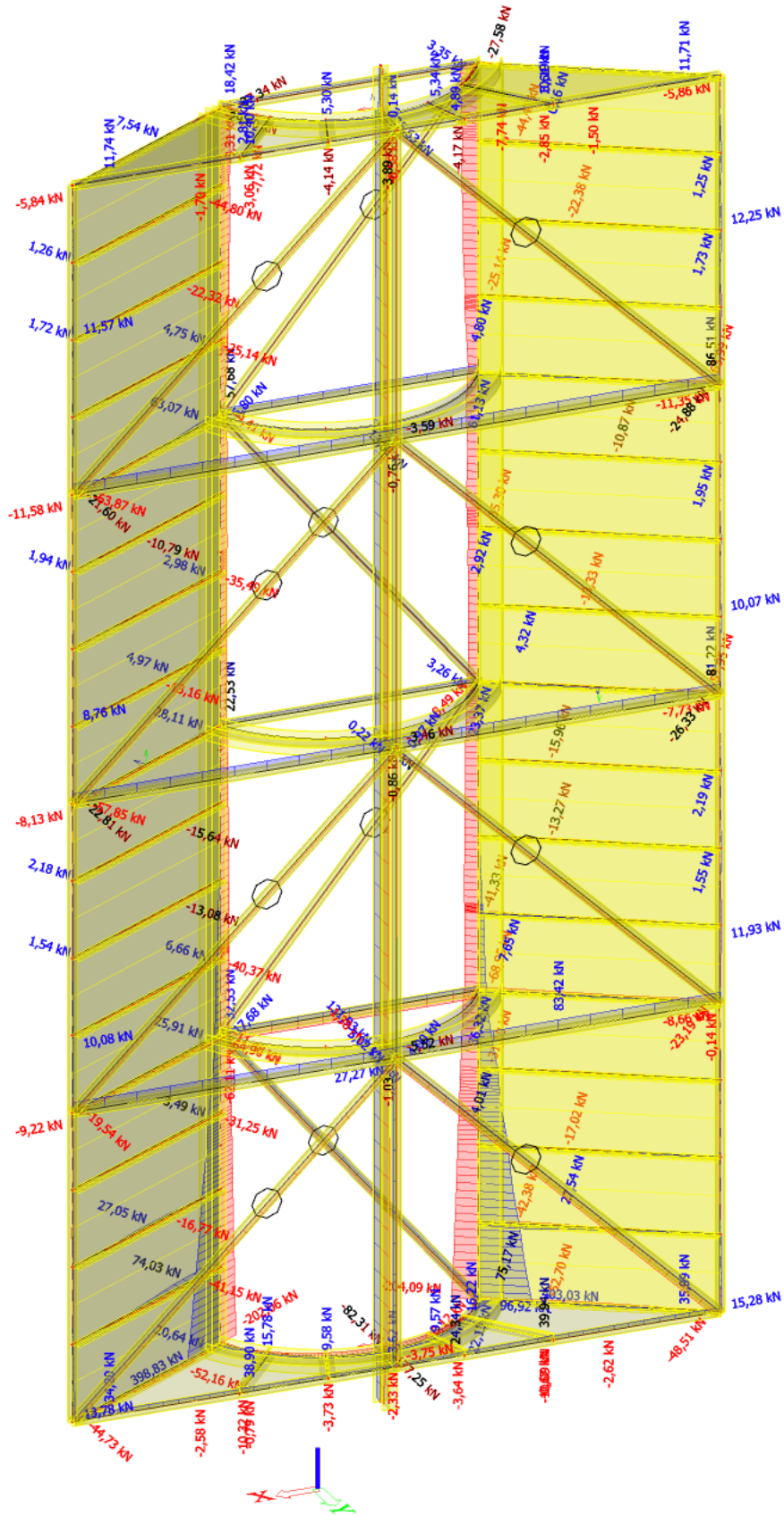
Obrázek 77 – Schéma připojovacího krčku

7.5.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

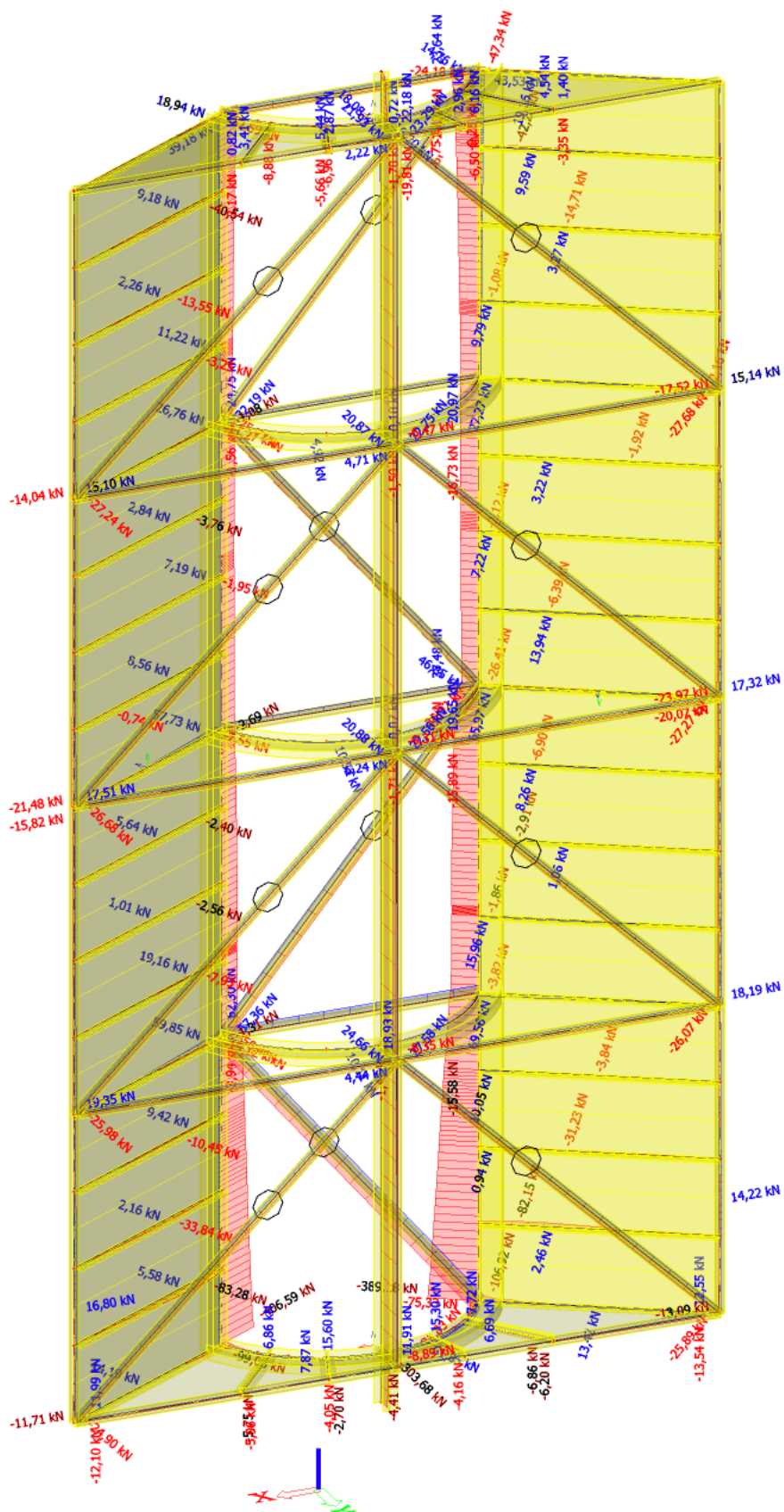
Normálové síly N:



Obrázek 78 - Normálová síla N od kombinace MSÚ běžný stav

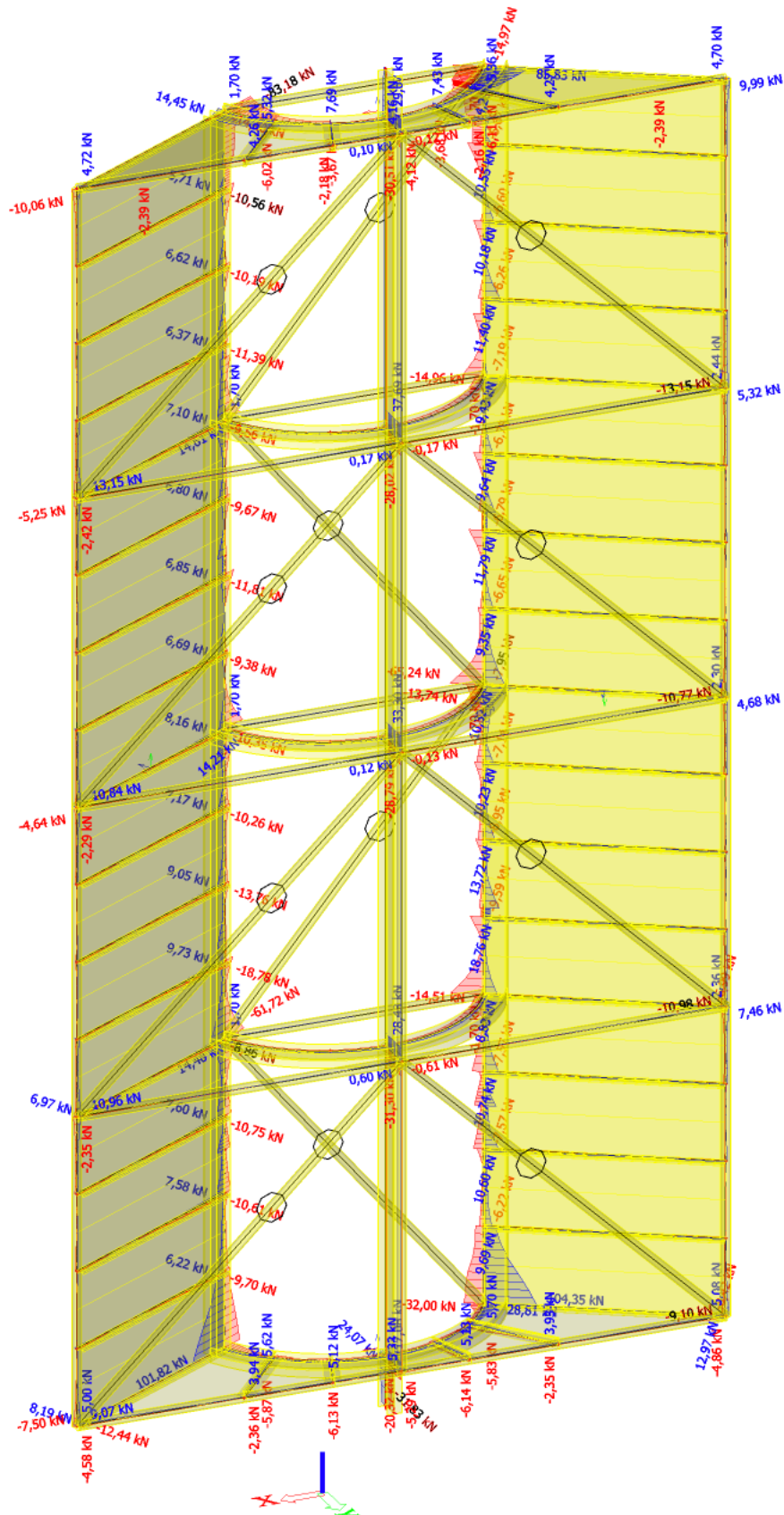


Obrázek 79 - Normálová síla N od kombinace MSÚ poruchový stav

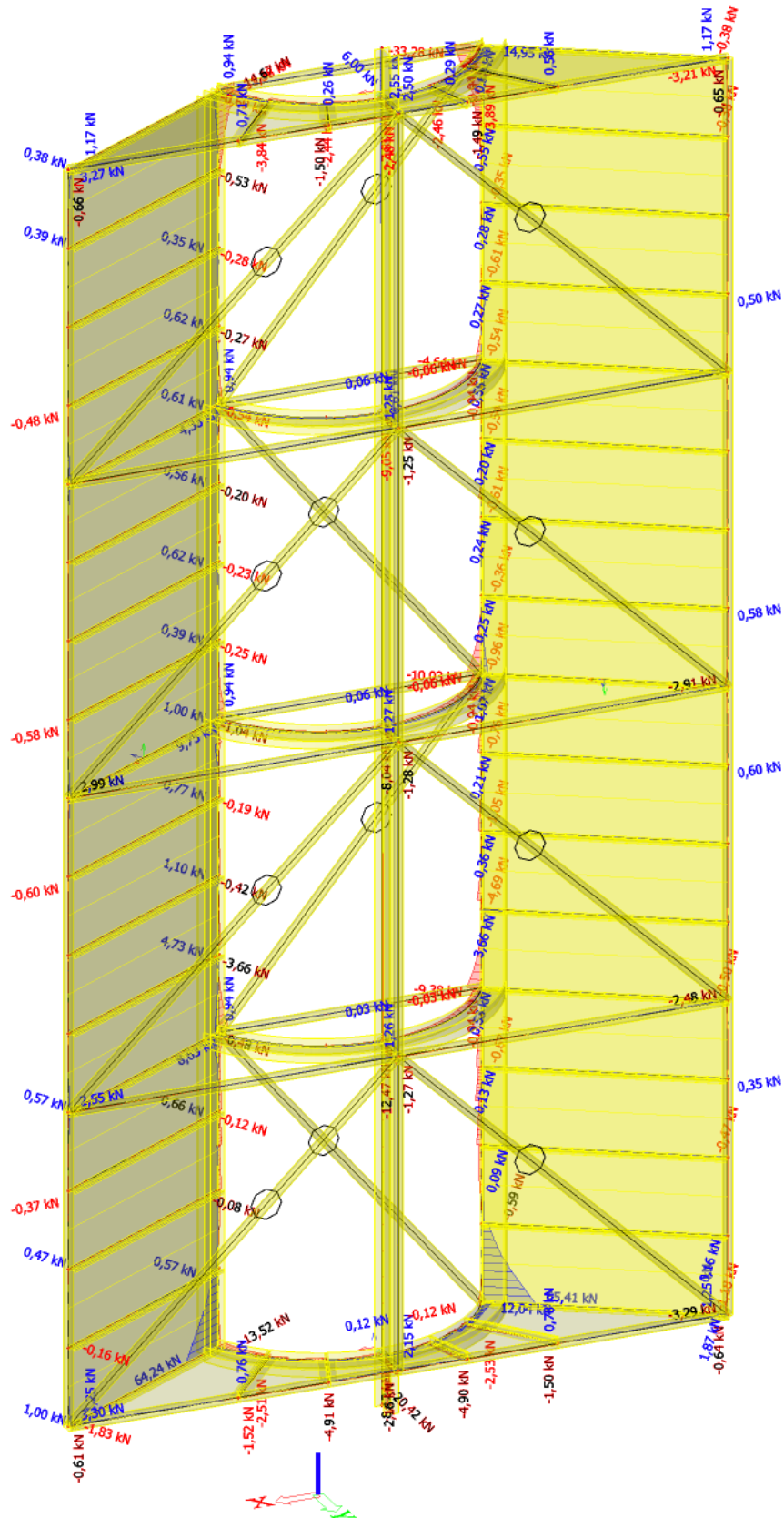


Obrázek 80 - Normálová síla N od kombinace MSÚ seizmická

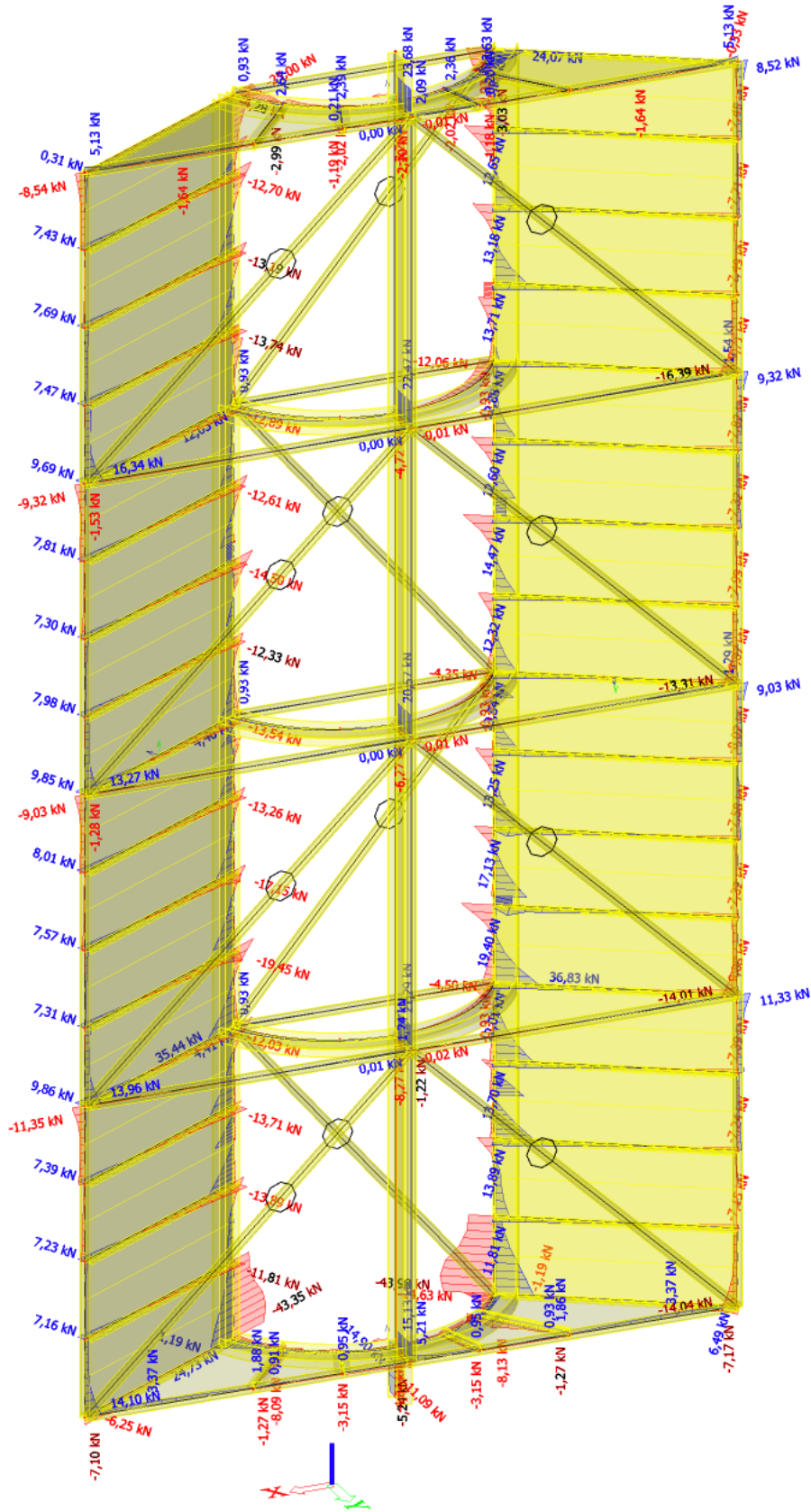
Posouvající síly V_z :



Obrázek 81 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ běžný stav

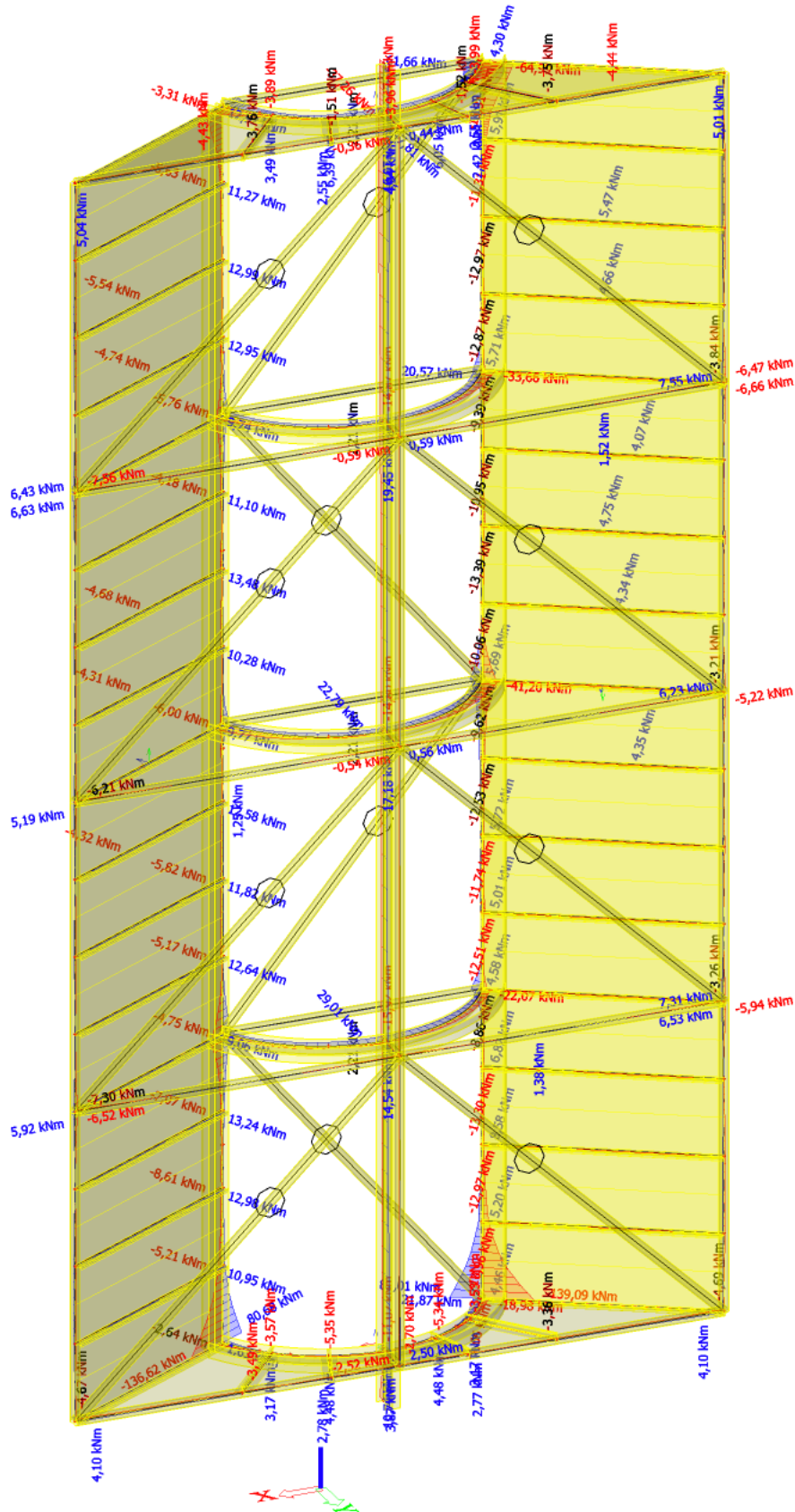


Obrázek 82 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ poruchový stav

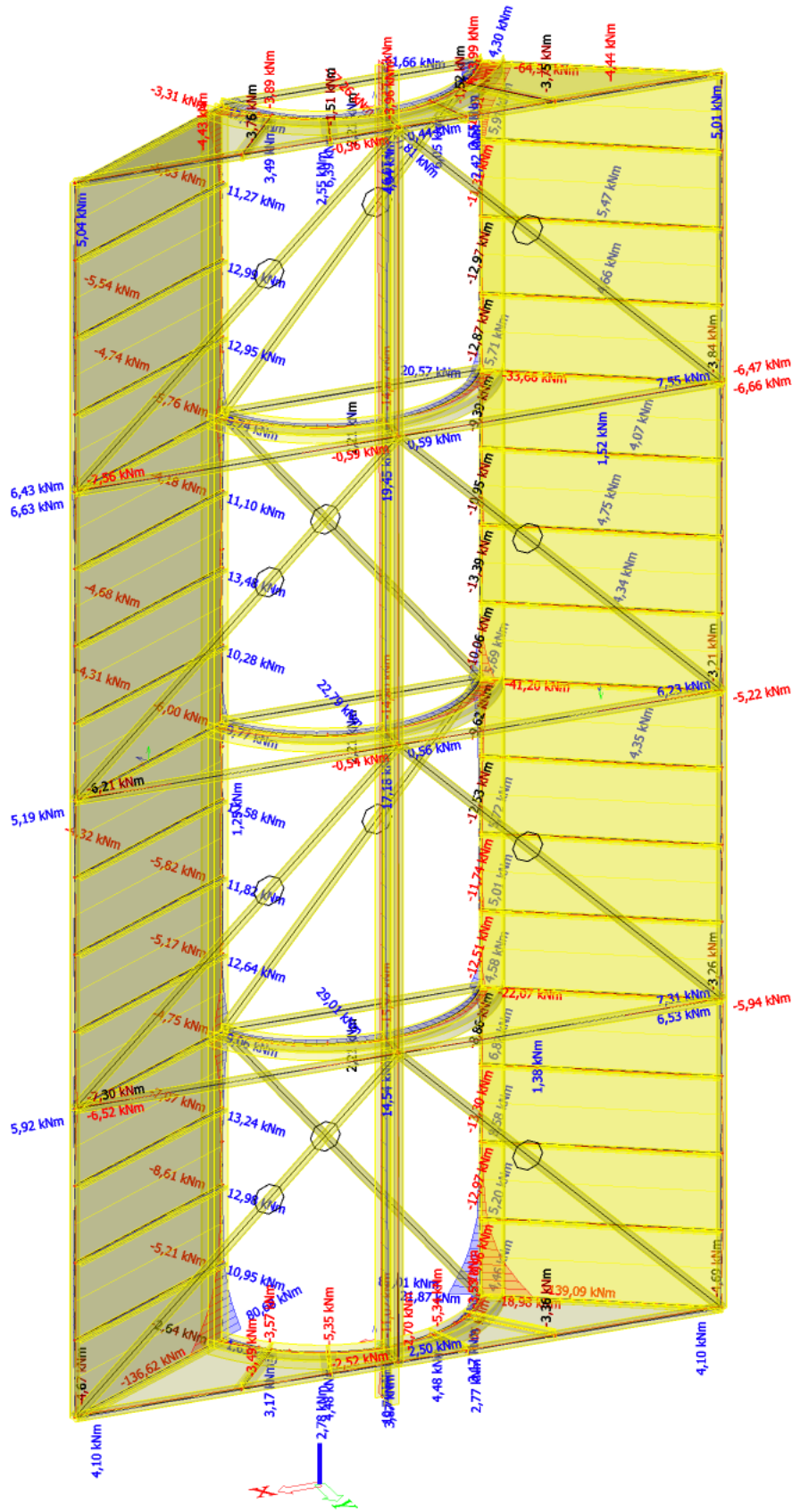


Obrázek 83 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ seizmická

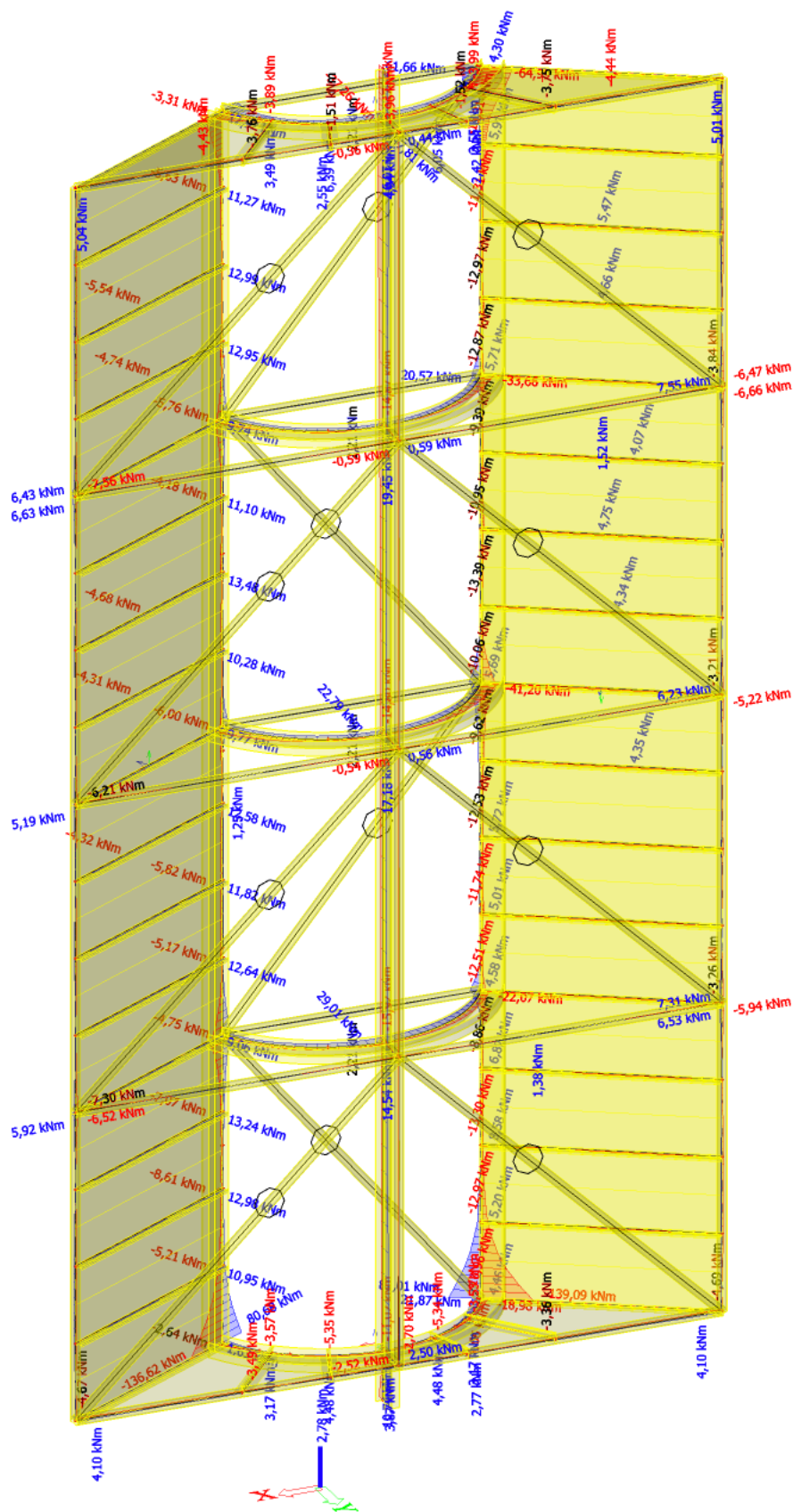
Ohybové momenty M_y :



Obrázek 84 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav

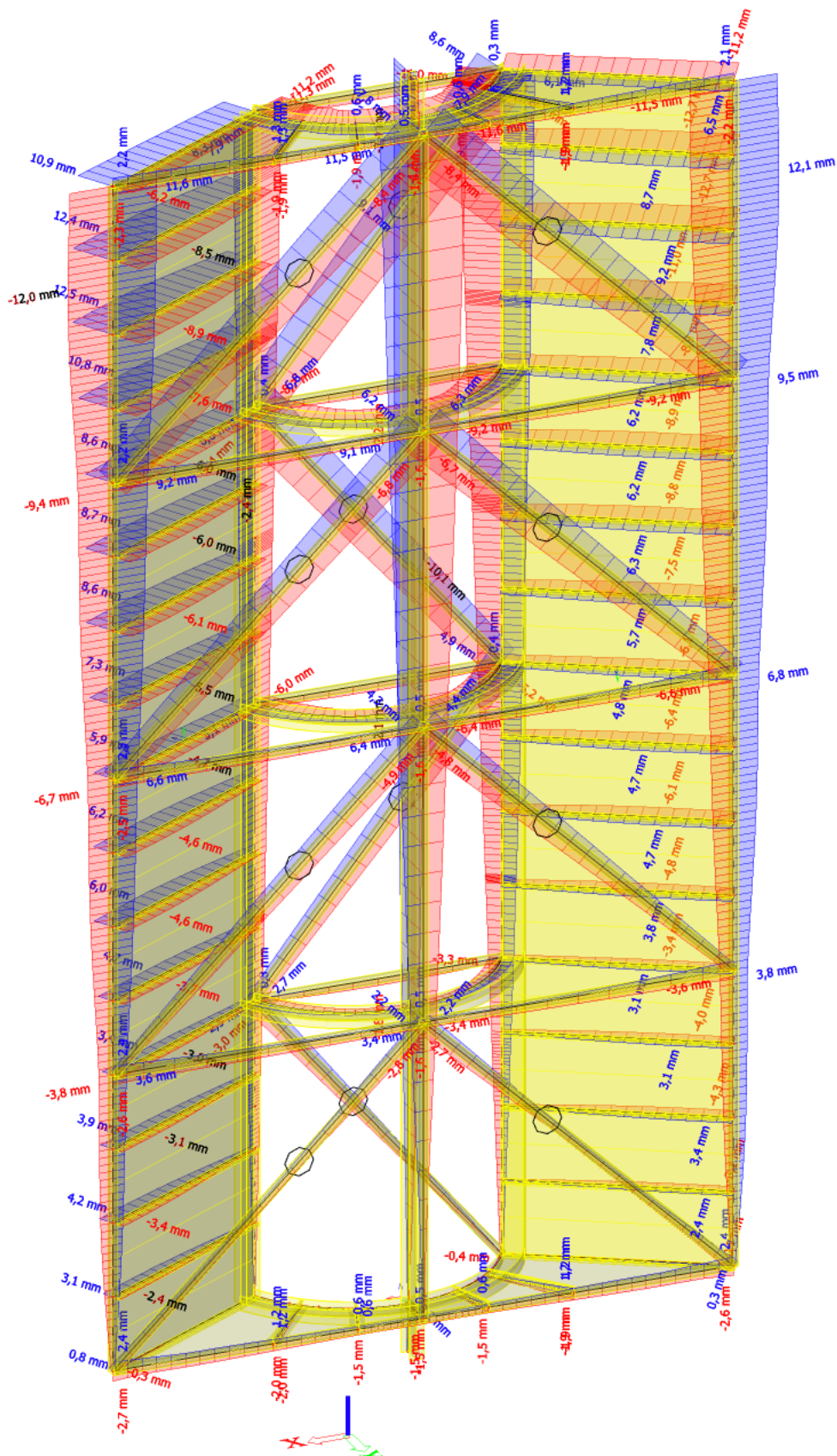


Obrázek 85 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav

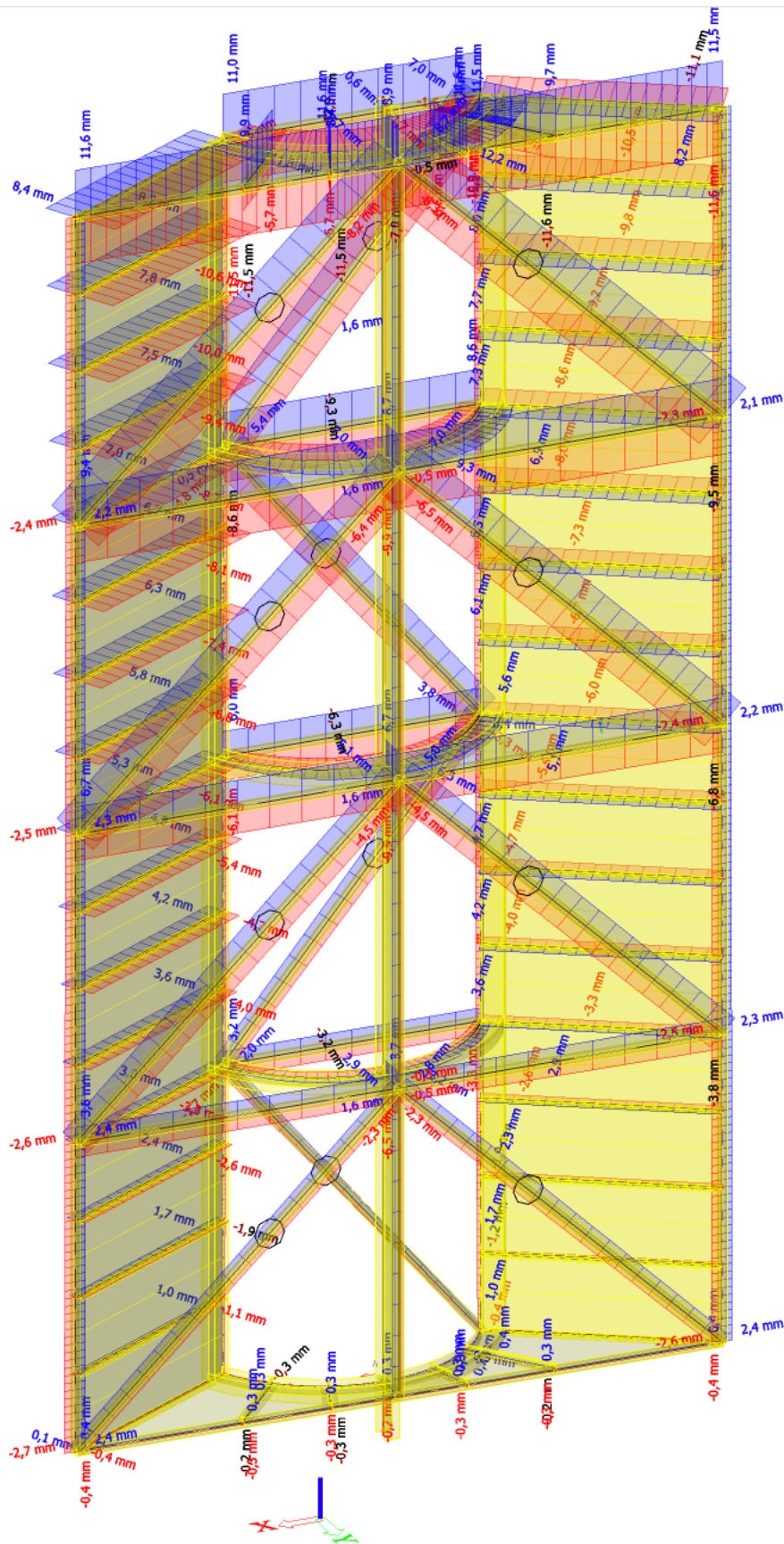


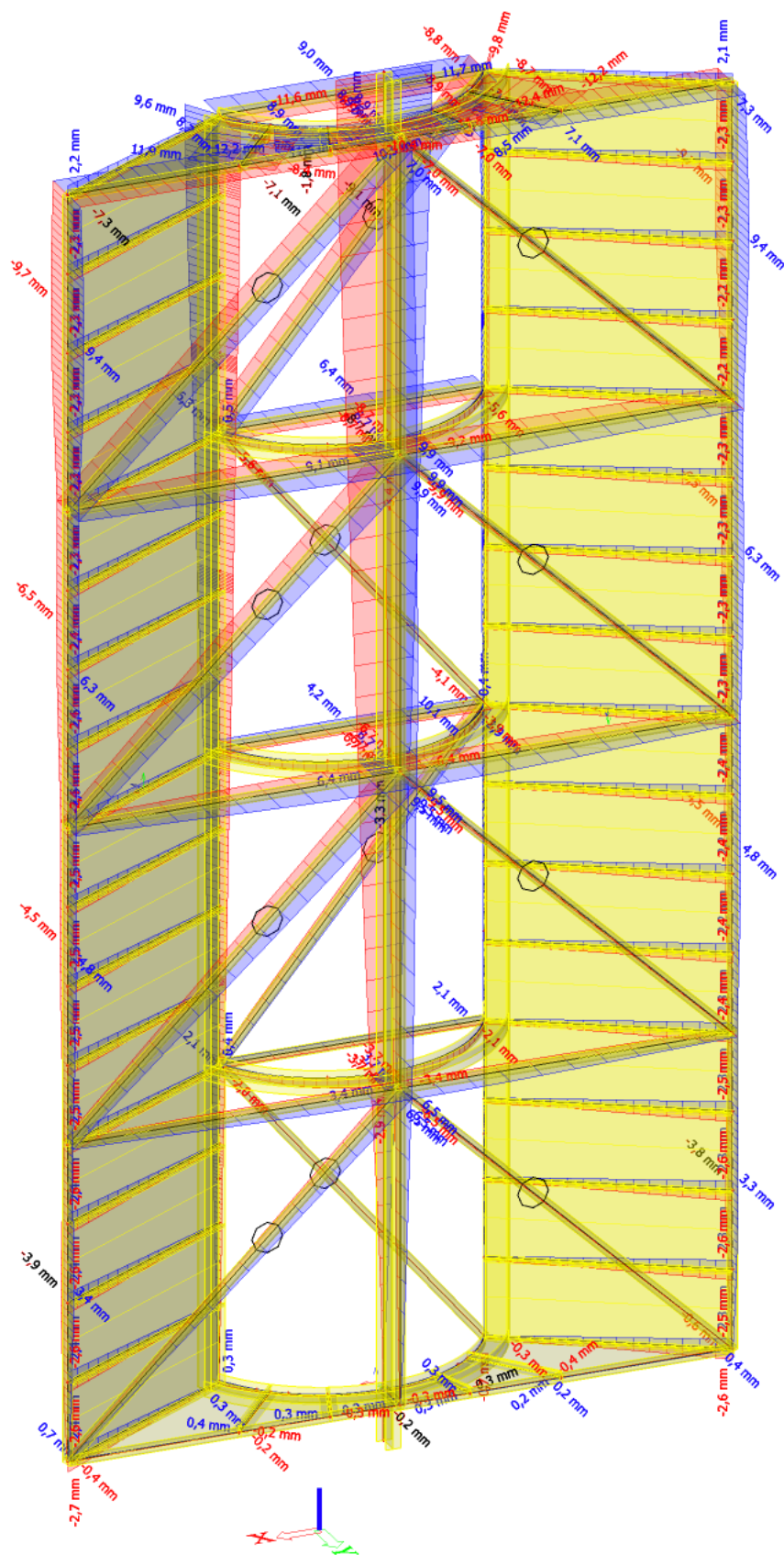
Obrázek 86 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seizmická

7.5.3 PRŮBĚHY DEFORMACÍ

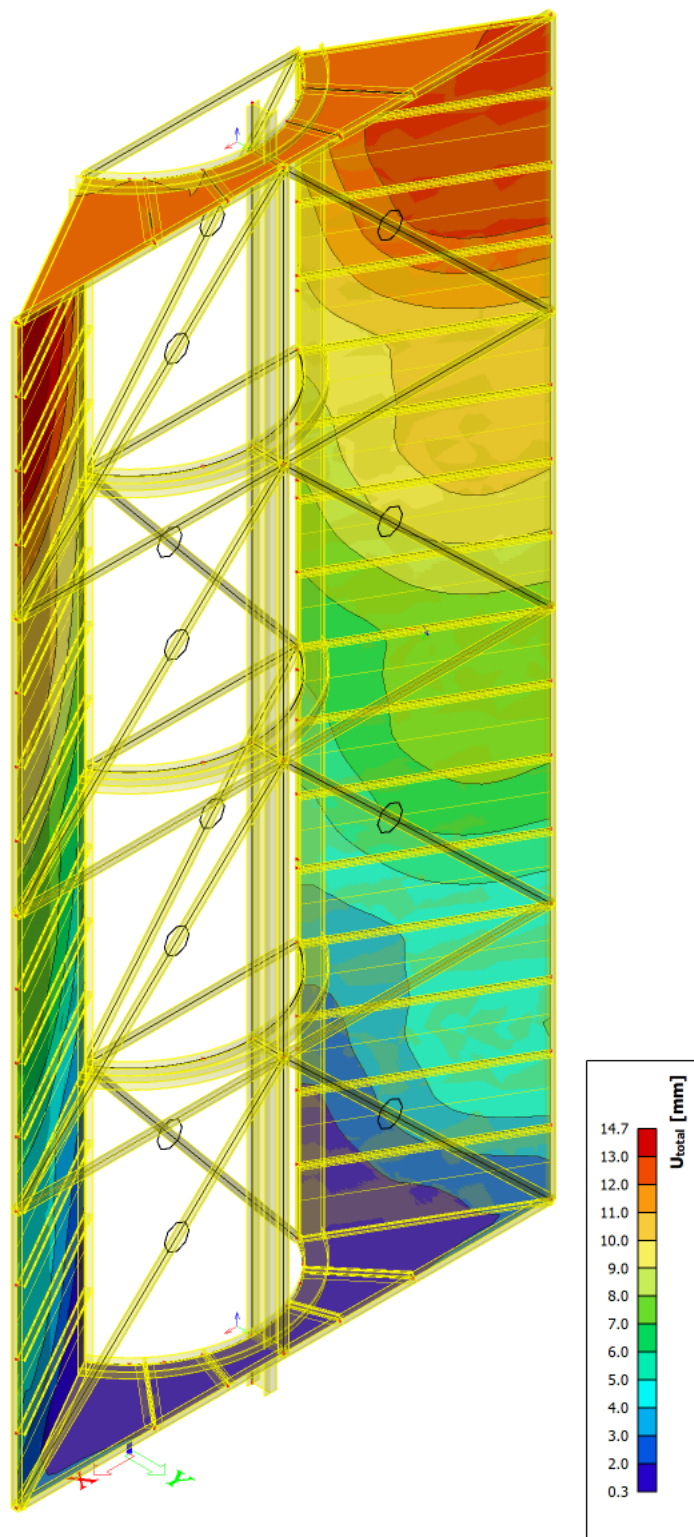


Obrázek 87 – Deformace u_z od kombinace MSP charakteristická





Obrázek 89 – Deformace u_y od kombinace MSP charakteristická



Obrázek 90 - Celková deformace připojovacího krčku od kombinace MSP charakteristická

7.5.4 POSOUZENÍ LEMOVÁNÍ OTVORU

$N_{Ed} =$	680,29 kN	Normálová síla z globálního modelu		
$A =$	21800 mm ²	Plocha průřezu		
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu		
$E =$	210000 MPa	Modul pružnosti		
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel		
$f_{yd} =$	204,35 MPa			
$\lambda_1 =$	93,90 -			
$\beta_a =$	1,00 -			
$\alpha =$	0,34 b	Křivka vzpěru		
HEB 450		Vybraný průřez		
$I_y =$	1,17E+08 mm ⁴	$I_z =$	7,99E+08 mm ⁴	
$i_y =$	73,32 mm	$i_z =$	191,43 mm	
$L_{crit,y} =$	6250,00 mm	$L_{crit,z} =$	6250,00 mm	
$\lambda =$	85,24	$\lambda =$	32,65	
$\lambda_{\bar{}} =$	0,91	$\lambda_{\bar{}} =$	0,35	
$\phi =$	1,03	$\phi =$	0,59	
$\chi =$	0,66	$\chi =$	0,95	
$\min \chi =$	0,66			
$N_{Rd} =$	2923,14 kN	$>$	$N_{Ed} =$	680,29 kN
VYHOVUJE				
Využití:	23,27 %			

Tabulka 13 – Posouzení lemování otvoru na vzpěr

7.5.5 POSOUZENÍ VNITŘNÍ DIAGONÁLY

$N_{Ed} =$	388,1 kN	Normálová síla z globálního modelu
$A =$	4675 mm ²	Plocha průřezu
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu
$E =$	210000 MPa	Model pružnosti
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel
$f_{yd} =$	204,35 MPa	
$\lambda_1 =$	93,90 -	
$\beta_a =$	1,00 -	
$\alpha =$	0,34 b	Křivka vzpěru
TR 194/8		Vybraný průřez
$I_y =$	2,03E+07 mm ⁴	$I_z =$ 2,03E+07 mm ⁴
$i_y =$	65,90 mm	$i_z =$ 65,90 mm
$L_{crit,y} =$	8128,00 mm	$L_{crit,z} =$ 8128,00 mm
$\lambda =$	123,35	$\lambda =$ 123,35
$\lambda_{\bar{}} =$	1,31	$\lambda_{\bar{}} =$ 1,31
$\phi =$	1,55	$\phi =$ 1,55
$\chi =$	0,42	$\chi =$ 0,42
$\min \chi =$	0,42	
$N_{Rd} =$	401,61 kN	$N_{Ed} =$ 183,8 kN
VYHOVUJE		
Využití:	45,77 %	

Tabulka 14 – Posouzení vnitřní diagonály na vzpěr

7.5.6 POSOUZENÍ VNĚJŠÍ DIAGONÁLY

$N_{Ed} =$	183,8 kN	Normálová síla z globálního modelu
$A =$	4675 mm ²	Plocha průřezu
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu
$E =$	210000 MPa	Modul pružnosti
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel
$f_{yd} =$	204,35 MPa	
$\lambda_1 =$	93,90 -	
$\beta_a =$	1,00 -	
$\alpha =$	0,34	b Křivka vzpěru
TR 194/8		Vybraný průřez
$I_y =$	2,03E+07 mm ⁴	$I_z =$ 2,03E+07 mm ⁴
$i_y =$	65,90 mm	$i_z =$ 65,90 mm
$L_{crit,y} =$	8128,00 mm	$L_{crit,z} =$ 8128,00 mm
$\lambda =$	123,35	$\lambda =$ 123,35
$\lambda_{\bar{}} =$	1,31	$\lambda_{\bar{}} =$ 1,31
$\phi =$	1,55	$\phi =$ 1,55
$\chi =$	0,42	$\chi =$ 0,42
$\min \chi =$	0,42	
$N_{Rd} =$	401,61 kN	$N_{Ed} =$ 183,8 kN
VYHOVUJE		
Využití:	45,77 %	

Tabulka 15 – Posouzení vnější diagonály na vzpěr

7.5.7 POSOUZENÍ BOČNÍCH ŽEBER

$M_{y,Ed} =$	13,48 kNm	Ohybový moment z globálního modelu
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu
$E =$	210000 MPa	Modul pružnosti
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel
$f_{yd} =$	204,35 MPa	
IPE 140		Vybraný průřez
$W_{pl,y} =$	88340 mm ³	Plastický průřezový modul
$M_{Rd} =$	18,05 kNm	$M_{y,Ed} =$ 13,48 kNm
VYHOVUJE		
Využití:	74,67 %	

Tabulka 16 – Posouzení bočních žebér na ohyb

Maximální deformace na vnitřní bočních žeber od kombinace MSP charakteristická je $u_z = 7,7$ mm. Maximální přípustná deformace je $L/250 = 2330/250 = 9,32$ mm

Vyhovuje

7.5.8 POSOUZENÍ VRCHNÍCH A SPODNÍCH ŽEBER

$M_{y,Ed} =$	6,39 kNm	Ohybový moment z globálního modelu
$f_{yk} =$	235 MPa	Mez kluzu
$E =$	210000 MPa	Modul pružnosti
$\gamma_{M1} =$	1,15 -	Bezpečnostní součinitel
$f_{yd} =$	204,35 MPa	
	IPE 120	Vybraný průřez
$W_{pl,y} =$	60730 mm ³	Plastický průřezový modul
$M_{Rd} =$	12,41 kNm	$>$ $M_{y,Ed} =$ 6,39 kNm
VYHOVUJE		
Využití:	51,49 %	

Tabulka 17 – Posouzení vrchních a spodních žeber

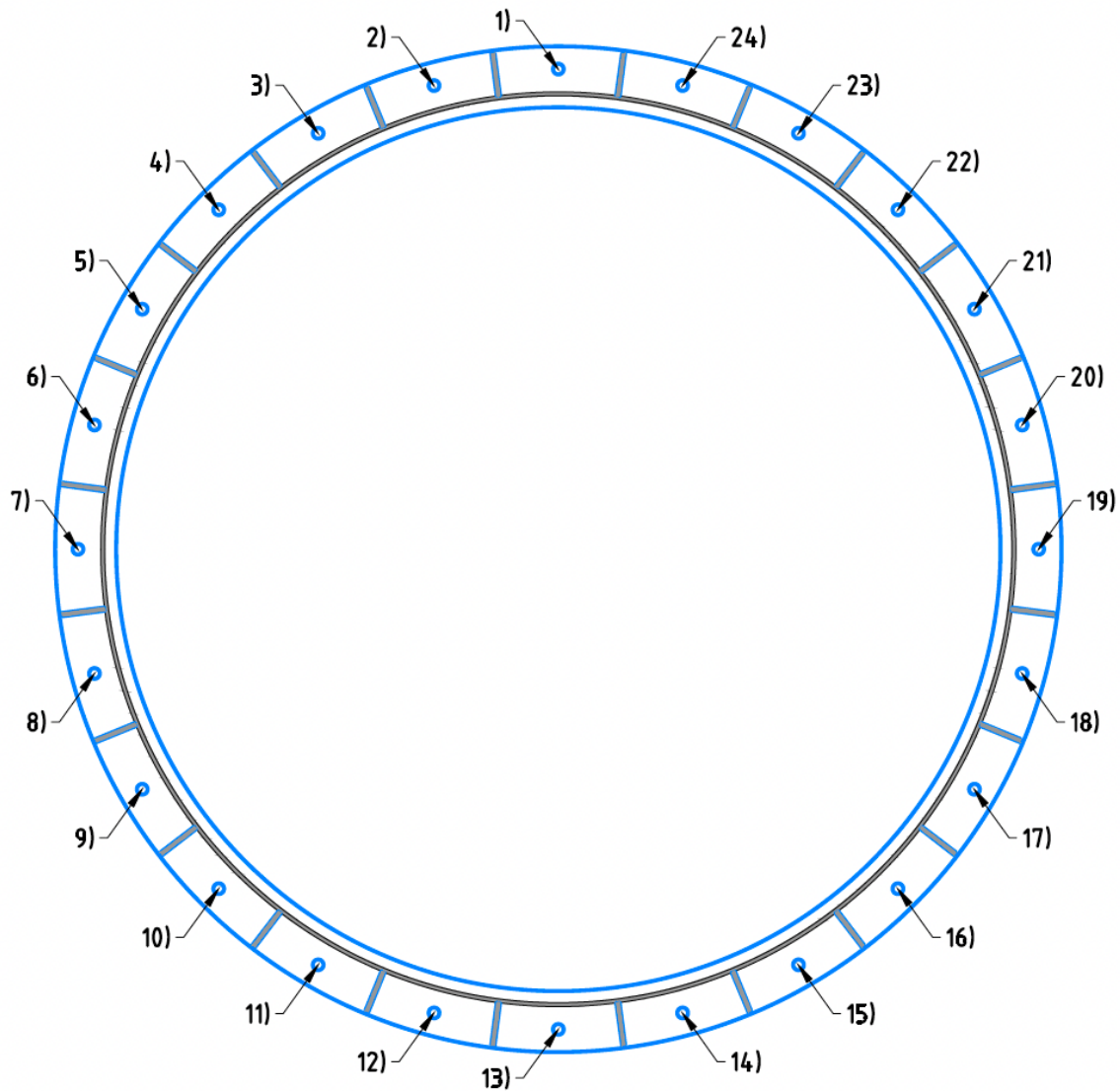
Maximální deformace na vnitřní vrchních a spodních žeber od kombinace MSP charakteristická je $u_z = 7,7$ mm. Maximální přípustná deformace je $L/250 = 2330/250 = 9,32$ mm

Vyhovuje

7.6 KOTVENÍ

Kotvení je navrženo přes patní desku s výztuhami pomocí 24 ks kotevních prvků M45 rozmístěných pod úhlem 15 stupňů od středu komína. Kotvení je uvažováno jako svařené s výztuží základové patky, proto je navrženo pouze na tahovou únosnost. Pro vytvoření maximálního namáhání je počítáno s tzv. minimální svislou silou = 1000 kN.

7.6.1 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ



Obrázek 91 - Schéma rozmístění kotevních prvků

7.6.2 NAMÁHÁNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ

Výpočet polohy neutrálné osy a výpočet maximální tahové síly byl proveden dle Technical manual 1 Design of Monopole Bases [8].

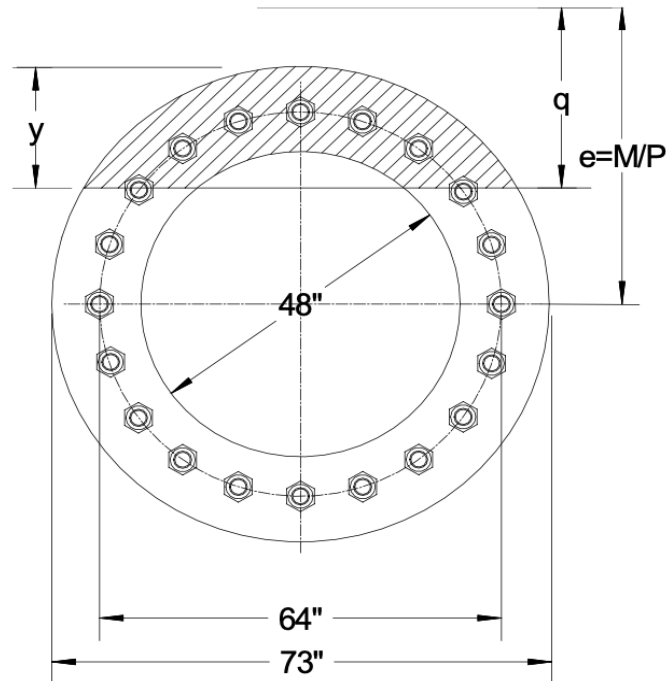
Výpočet polohy neutrálné osy:

$$n = E_s/E_c = 210000/29000$$

Kde

E_s je modul pružnosti oceli = 210 GPa

E_c je modul pružnosti betonu = 29 MPa



Obrázek 92 – Vzorové schéma umístění neutrálné osy [8]

$$e = M/P = 15400/1000 = 15,4 \text{ m}$$

$$e \geq \frac{B^4 - d^4}{8 \cdot B \cdot (B^2 - d^2)} = \frac{6,6^4 - 6^4}{8 \cdot 6,6 \cdot (6,6^2 - 6^2)} = 1,507$$

Vyhovuje

Kde

M je výslednice ohybového momentu v patě komína = 15400 kNm

P je „minimální“ svislé přetížení = 1000 kN

B je průměr patního plechu

d je průměr komína

$$y_{bolt} = r \cdot \sin(i \cdot \theta)$$

Kde

r je poloměr umístění kotevních prvků = 3,15 m

θ je úhel, po kterém jsou rozmístěny kotevní prvky = 15°

	ybolt [m]	n [-]	Abolt [m2]	n*Abolt [m2]	Qbolt [m3]	lbolt [m4]
1	0,000	7,241	0,00139	0,01003	0,15450	2,37932
2	0,815	7,241	0,00139	0,01003	0,14632	2,13406
3	1,575	7,241	0,00139	0,01003	0,13870	1,91753
4	2,227	6,241	0,00139	0,00865	0,11390	1,50043
5	2,728	6,241	0,00139	0,00865	0,10958	1,38855
6	3,043	6,241	0,00139	0,00865	0,10685	1,32045
7	3,150	6,241	0,00139	0,00865	0,10593	1,29761
8	3,043	6,241	0,00139	0,00865	0,10685	1,32045
9	2,728	6,241	0,00139	0,00865	0,10958	1,38855
10	2,227	6,241	0,00139	0,00865	0,11390	1,50043
11	1,575	7,241	0,00139	0,01003	0,13870	1,91753
12	0,815	7,241	0,00139	0,01003	0,14632	2,13406
13	0,000	7,241	0,00139	0,01003	0,15450	2,37932
14	-0,815	7,241	0,00139	0,01003	0,16268	2,63791
15	-1,575	7,241	0,00139	0,01003	0,17030	2,89088
16	-2,227	7,241	0,00139	0,01003	0,17685	3,11736
17	-2,728	7,241	0,00139	0,01003	0,18187	3,29693
18	-3,043	7,241	0,00139	0,01003	0,18503	3,41239
19	-3,150	7,241	0,00139	0,01003	0,18610	3,45222
20	-3,043	7,241	0,00139	0,01003	0,18503	3,41239
21	-2,728	7,241	0,00139	0,01003	0,18187	3,29693
22	-2,227	7,241	0,00139	0,01003	0,17685	3,11736
23	-1,575	7,241	0,00139	0,01003	0,17030	2,89088
24	-0,815	7,241	0,00139	0,01003	0,16268	2,63791
				0,23108	3,58519	56,74144

Tabulka 18 – Výpočetní vlastnosti pro jednotlivé kotevní prvky

Vnější kruh:

$$y = l_0 = r - e + q_{návrh} = 3,3 - 15,4 + 13,091 = 0,991 \text{ m}$$

$$y_0 = r - y = 3,3 - 0,991 = 2,309 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{r^2 \cdot \pi}{2} - y_0 \sqrt{r^2 - y_0^2} - r^2 \sin^{-1} \left(\frac{y_0}{r} \right) =$$

$$= \frac{3,3^2 \cdot \pi}{2} - 2,309 \sqrt{3,3^2 - 2,309^2} - 3,3^2 \sin^{-1} \left(\frac{2,309}{3,3} \right) = 3,223 \text{ m}^2$$

Vnitřní kruh:

$$l = r - e + q_{návrh} = 3 - 15,4 + 13,091 = 0,691 \text{ m}$$

$$y_c = r - y = 3 - 0,991 = 2,309 \text{ m}$$

$$A_c = -\frac{r^2 \cdot \pi}{2} - y_c \sqrt{r^2 - y_c^2} - r^2 \sin^{-1} \left(\frac{y_c}{r} \right) =$$

$$= -\frac{3^2 \cdot \pi}{2} - 2,309 \sqrt{3^2 - 2,309^2} - 3^2 \sin^{-1} \left(\frac{2,309}{3} \right) = -1,810 \text{ m}^2$$

Momentová oblast:

$$y_1 = \frac{2(r^2 - y_0^2)^{1,5}}{3 \cdot A_1} = \frac{2(3,3^2 - 2,309^2)^{1,5}}{3 \cdot 3,223} = 2,711 \text{ m}$$

$$Q_1 = A_1 \cdot (e - y_1) = 3,223 \cdot (15,4 - 2,711) = 40,893 \text{ m}^3$$

$$y_{c'} = \frac{-2(r^2 - y_0^2)^{1,5}}{3 \cdot A_1} = \frac{-2(3^2 - 2,309^2)^{1,5}}{3 \cdot (-1,810)} = 2,588 \text{ m}$$

$$Q_c = A_c \cdot (e - y_{c'}) = -1,810 \cdot (15,4 - 2,588) = -23,186 \text{ m}^3$$

$$Q_T = Q_1 + Q_c + Q_{bolt} = 40,893 - 23,186 + 3,585 = 21,292 \text{ m}^3$$

$$I_1 = \left[\frac{\pi \cdot r^2}{8} + \frac{y_0 \sqrt{(r^2 - y_0^2)^3}}{2} - \frac{r^2 \cdot y_0 \sqrt{r^2 - y_0^2}}{4} - \frac{r^4 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{y_0}{r}\right)}{4} \right]$$

$$- A_1 \cdot y_1^2 + A_1 \cdot (e - y_1)^2 =$$

$$= \left[\frac{\pi \cdot 3,3^2}{8} + \frac{2,309 \sqrt{(3,3^2 - 2,309^2)^3}}{2} - \frac{3,3^2 \cdot 2,309 \sqrt{3,3^2 - 2,309^2}}{4} \right.$$

$$\left. - \frac{3,3^4 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{2,309}{3,3}\right)}{4} \right]$$

$$- 5,019 \cdot 2,711^2 + 5,019 \cdot (15,4 - 2,711)^2 = 519,108 \text{ m}^4$$

$$I_c = \left[\frac{\pi \cdot r^2}{8} + \frac{y_c \sqrt{(r^2 - y_c^2)^3}}{2} - \frac{r^2 \cdot y_c \sqrt{r^2 - y_c^2}}{4} - \frac{r^4 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{y_c}{r}\right)}{4} \right]$$

$$- A_c \cdot y_{c'}^2 + A_c \cdot (e - y_{c'})^2 =$$

$$= \left[\frac{\pi \cdot 3^2}{8} + \frac{2,309 \sqrt{(3^2 - 2,309^2)^3}}{2} - \frac{3^2 \cdot 2,309 \sqrt{3^2 - 2,309^2}}{4} - \frac{3^4 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{2,309}{3}\right)}{4} \right]$$

$$+ 1,810 \cdot 2,588^2 - 1,810 \cdot (15,4 - 2,588)^2 = -297,115 \text{ m}^4$$

$$I_T = I_1 + I_c + I_{bolt} = 519,108 - 297,115 + 56,741 = 278,734 \text{ m}^4$$

$$q = Q_T / I_T = 21,292 / 278,734 = \mathbf{13,091 \text{ m}}$$

Síly do kotevních prvků:

$$A_T = A_1 + A_c + \sum n \cdot A_{bolt} = 3,223 - 1,810 + 0,231 = 1,644 \text{ m}^2$$

$$P_{bolt} = - \frac{P \cdot (e - y_{bolt} - q) \cdot n \cdot A_{bolt}}{(q \cdot A_T) - Q_T}$$

	y _{bolt} [m]	n [-]	P _{bolt} [kN]
1	0,000	7,241	-100,605
2	0,815	7,241	-65,079
3	1,575	7,241	-31,975
4	2,227	6,241	-3,057
5	2,728	6,241	15,744
6	3,043	6,241	27,563
7	3,150	6,241	31,594
8	3,043	6,241	27,563
9	2,728	6,241	15,744
10	2,227	6,241	-3,057
11	1,575	7,241	-31,975
12	0,815	7,241	-65,079
13	0,000	7,241	-100,605
14	-0,815	7,241	-136,131
15	-1,575	7,241	-169,236
16	-2,227	7,241	-197,663
17	-2,728	7,241	-219,477
18	-3,043	7,241	-233,189
19	-3,150	7,241	-237,866
20	-3,043	7,241	-233,189
21	-2,728	7,241	-219,477
22	-2,227	7,241	-197,663
23	-1,575	7,241	-169,236
24	-0,815	7,241	-136,131
	P_{max}		-237,866

Tabulka 19 - Síly do kotevních prvků

$$f_{c,max} = \frac{P \cdot y}{(q \cdot A_T) - Q_T} = \frac{1000 \cdot 0,991}{(13,091 \cdot 1,644) - 21,292} = 4304 \text{ MPa}$$

Patní deska:

$$t = 0,05 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot (d + d_{bolt})}{24} = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot (6 + 6,3)}{24} = 0,805 \text{ m}$$

$$y = \frac{0,5 \cdot (d + d_{bolt})}{2} - e + q = \frac{0,5 \cdot (6 + 6,3)}{2} - 15,4 + 13,091 = 0,766 \text{ m}$$

$$f_{pole} = \frac{P \cdot y}{q \cdot A_T - Q_T} = \frac{1000 \cdot 0,766}{(13,091 \cdot 1,644) - 21,292} = 3,327 \text{ MPa}$$

$$M_{max,1} = \frac{b_{eff} \cdot f_{pole} \cdot \left(\frac{B - (d_{bolt} - d)/2}{2}\right)^2}{2} + \frac{b_{eff} \cdot (f_{c,max} - f_{pole}) \cdot \left(\frac{B - (d_{bolt} - d)/2}{2}\right)^2}{3} + P_{max} \cdot \frac{d_{bolt} - (d_{bolt} - d)/2}{2} =$$

KONSTRUKČNÍ NÁVRH

$$= \frac{0,805 \cdot 3327,957 \cdot \left(\frac{6,6 - (6,3 - 6)/2}{2}\right)^2}{2} + \frac{0,805 \cdot (4304,281 - 3327,957) \cdot \left(\frac{6,6 - (6,3 - 6)/2}{2}\right)^2}{3} + 31,594 \cdot \frac{6,3 - (6,3 - 6)/2}{2} =$$

$$M_{max,1} = 68383,62 \text{ kNm}$$

$$f_{max,1} = \frac{6 \cdot M_{max,1}}{b_{eff} \cdot t^2} = \frac{6 \cdot 68383,62}{0,805 \cdot 0,05^2} = 203,87 \text{ MPa} \leq 235 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$M_{max,2} = \frac{P_{max} \cdot (d_{bolt} - (d_{bolt} - d)/2)}{2} = \frac{237,87 \cdot (6,3 - (6,3 - 6)/2)}{2}$$

$$M_{max,2} = 731,44 \text{ kNm}$$

$$f_{max,1} = \frac{6 \cdot M_{max,2}}{b_{eff} \cdot t^2} = \frac{6 \cdot 731,44}{0,805 \cdot 0,05^2} = 2,18 \text{ MPa} \leq 235 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Tahová únosnost kotevního prvku:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot 640}{1,25} = 638,41 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 237,87 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Kde

 A_s je plocha v závitu = 1385,44 mm² f_{ub} je mez pevnosti oceli = 640 MPa γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

7.6.3 VÝZTUHY

Výztuha je konzervativně uvažována v tloušťce jako tenčí z přiléhajících plechů, tedy 20 mm.

7.6.4 SVAR PATNÍ DESKY

Zatížení rovnoběžně s osou svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{a_w \cdot L_w} = \frac{985 \cdot 1000}{10 \cdot 18849,56} = 5,23 \text{ MPa}$$

Kde

 a_w je tloušťka svaru = 10 mm L_w je délka svaru = 18849,56 mm F je síla působící na svar = 985 kN

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$9,05 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

 σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 0 MPa τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = 0 MPa τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = 5,23 MPa f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

Zatížení kolmo k ose svaru:

$$\sigma_w = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} = 26,29 \text{ MPa}$$

Kde

M je ohybový moment = 15400 kNm

N je normálová síla = 4954 kN

W je průřezový modul svaru = $1,3 \cdot 10^{12}$ mm³

A je plocha svaru = 188496 mm²

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{985 \cdot 1000}{\sqrt{2} \cdot 10 \cdot 18849,56} + \frac{26,29}{\sqrt{2}} = 22,29 \text{ MPa}$$

Kde

a_w je tloušťka svaru = 10 mm

L_w je délka svaru = 18849,56 mm

F je síla působící na svar = 985 kN

σ_w je normálové napětí

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \sigma_{\perp} = 22,29 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$44,58 \leq 360$$

Vyhovuje

Kde

σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 22,29 MPa

τ_{\perp} je smykové napětí kolmé k linii svaru = 22,29 MPa

τ_{\parallel} je smykové napětí rovnoběžné s linií svaru = 0 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

β_w je korelační součinitel = 0,8

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$22,29 \leq 288$$

Vyhovuje

Kde

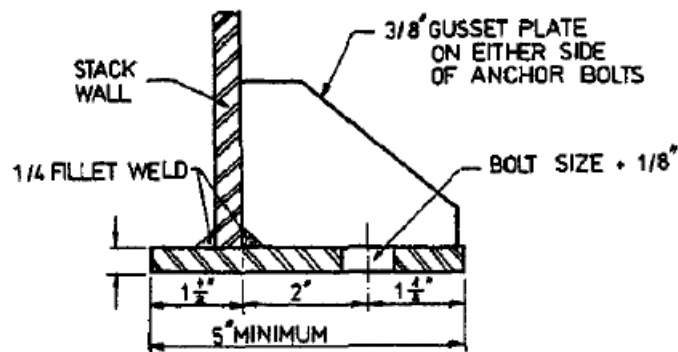
σ_{\perp} je normálové napětí kolmé k linii svaru = 22,29 MPa

f_u je mez únosnosti oceli = 360 MPa

γ_{M2} je bezpečnostní součinitel = 1,25

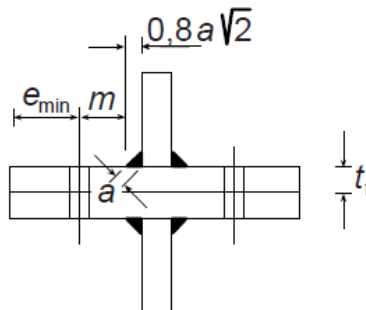
7.6.5 PATNÍ PLECH

Posouzení patního plechu je počítáno přes náhradní T průřez.



Obrázek 93 – Vzorové schéma připojení patního plechu [7]

Poloha:



Obrázek 94 – Rozměry pásnice náhradního T – profilu [3]

$$e = 150 \text{ mm}$$

$$m = 150 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a = 150 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 10 = 138,69 \text{ mm}$$

$$m_2 = \frac{L - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a}{2} = \frac{804,67 - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 10}{2} = 391,02 \text{ mm}$$

Kde

a je tloušťka svaru = 10 mm

L je vzdálenost výztuh po kružnici = 804,67 mm

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{138,69}{138,69 + 150} = 0,48$$

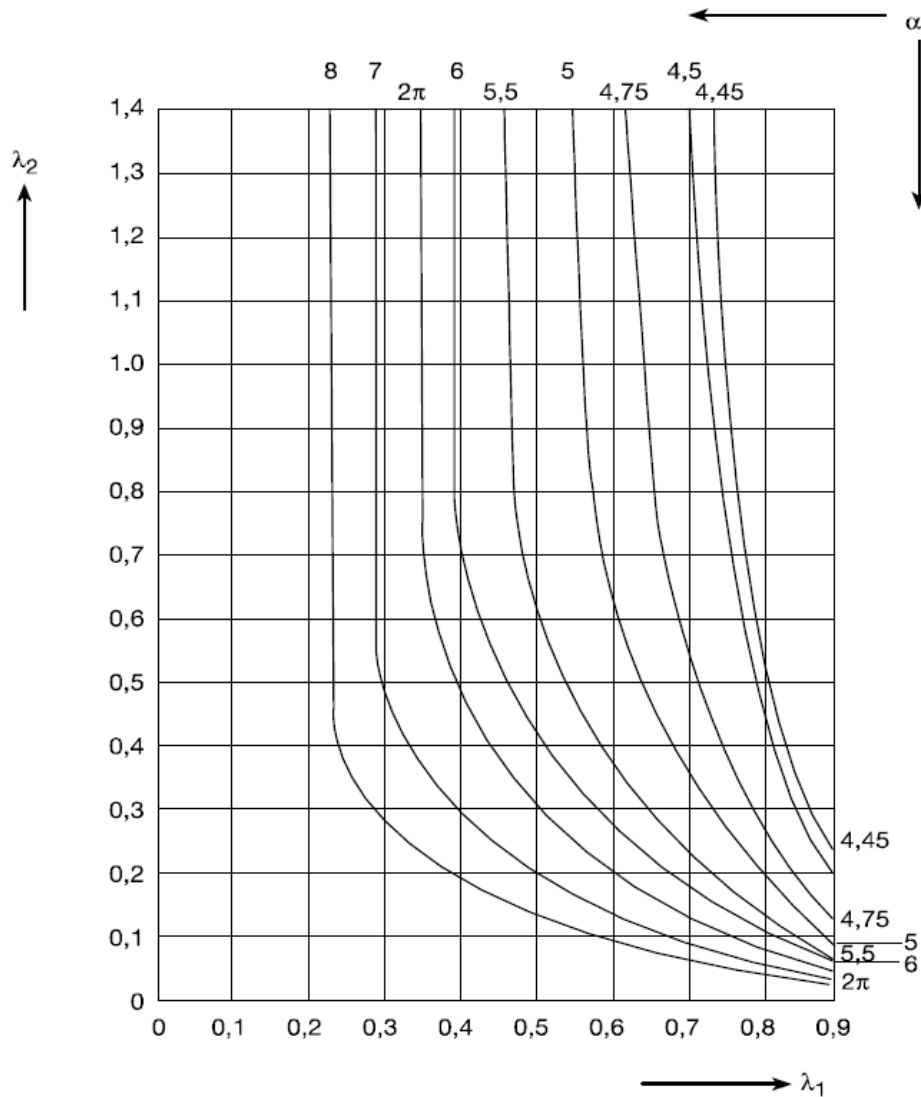
$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{391,02}{138,69 + 150} = 1,35$$

Kde

m je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání

m_2 je poloha kotevního bodu kolmo ke směru namáhání

e je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání



Obrázek 95 – Hodnota alfa pro vyztužené pásnice [3]

$$\alpha = 5,4$$

Účinné délky:

$$L_{eff,nc1} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 138,69 + 1,25 \cdot 150 = 742,25 \text{ mm}$$

$$L_{eff,nc2} = 2 \cdot m + 1,65 \cdot e = 2 \cdot 138,69 + 1,65 \cdot 150 = 521,12 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp1} = 2\pi \cdot m = 2\pi \cdot 138,69 = 871,39 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp2} = \pi \cdot m + 2 \cdot e = \pi \cdot 138,69 + 2 \cdot 150 = 735,69 \text{ mm}$$

$$L_{eff,1} = L_{eff,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} L_{eff,nc1} \\ L_{eff,nc2} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 742,25 \\ 521,12 \end{array} \right\} = 521,12 \text{ mm}$$

Kde

m je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání

e je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání

Vnitřní plastické momenty:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \cdot L_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 521,12 \cdot 50^2 \cdot 235}{1,0} = 76,54 \text{ kNm}$$

Kde

t_f je tloušťka patního plechu = 50 mm

γ_{M0} je bezpečnostní součinitel = 1,0

Návrhová únosnost pásnice náhradního T profilu:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 76,54}{138,69} = 2207,57 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + e \cdot F_{T,Rd}}{e + m} = \frac{2 \cdot 76,54 + 150 \cdot 638,41}{150 + 138,69} = 332,25 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} \leq 0,95 \cdot F_{T,Rd} = 606,49 \text{ kN}$$

SPLNĚNA PODMÍNKA PLASTIZACE

$$F_{T,3,Rd} = F_{T,Rd} = 638,41 \text{ kN}$$

Kde

m je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání

e je poloha kotevního bodu podélně se směrem namáhání

$M_{pl,1,Rd}$ je vnitřní plastický moment

$M_{pl,2,Rd}$ je vnitřní plastický moment

$F_{T,Rd}$ je návrhová únosnost kotevního prvku v tahu

Ramena sil:

$$\begin{aligned} r_1 &= 5182 \text{ mm} \\ r_2 &= 5074,67 \text{ mm} \\ r_3 &= 4759,98 \text{ mm} \\ r_4 &= 4259,39 \text{ mm} \\ r_5 &= 3607 \text{ mm} \\ r_6 &= 2847,28 \text{ mm} \\ r_7 &= 2032 \text{ mm} \\ r_8 &= 1216,72 \text{ mm} \\ r_9 &= 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = \min \begin{cases} F_{T,1,Rd} \\ F_{T,2,Rd} \cdot (r_1 \cdot 2 \cdot (r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 + r_7 + r_8 + r_9)) \\ F_{T,3,Rd} \end{cases} =$$

$$= 332,25 \cdot (5182 \cdot 2 \cdot (5074,67 + 4759,98 + 4259,39 + 3607 + 2847,28 + 2032 + 1216,72 + 457)) = 17838,3 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 15400 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

8 ZÁVĚR

Nosná konstrukce je navržena jako masivní a odolná tak, aby nedocházelo k odtrhávání vírů a vzniku dynamických účinků větru, dále aby spolehlivě a bez poškození přenesla běžné i mimořádné zatížení dle ČSN EN 1991. Nosné konstrukce byly navrženy tak, aby byla splněna všechna kritéria mezních stavů únosnosti a použitelnosti definovaná v citovaných normách. Statickým výpočtem byla ověřena navržená koncepce nosných konstrukcí, prokázána dostatečná mechanická odolnost a stabilita nosných konstrukcí. Byly ověřeny všechny rozhodující prvky nosných konstrukcí.

Výpočet vnitřních sil a dimenzování bylo provedeno pomocí výpočetního systému SCIA ENGINEER 22.1 dle platných norem.

V Praze 01/2024

Vypracoval: Bc. Daniel Kalenský

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1 -Globální souřadný systém; Obrázek 2 – Lokální souřadný systém.....	6
Obrázek 3 – Axonometrický pohled na globální model.....	8
Obrázek 4 – Axonometrický pohled na globální model.....	9
Obrázek 5 – Svařované podlahové rošty na ochozu.....	10
Obrázek 6 – Zábradlí na ochozu	11
Obrázek 7 – Tlumič hluku	12
Obrázek 8 – Izolace komína.....	13
Obrázek 9 – Korozní úbytek.....	14
Obrázek 10 – Pojistná klapka.....	15
Obrázek 11 – Užité zatížení ochozů.....	16
Obrázek 12 – Provozní potrubní tlak	17
Obrázek 13 – Poruchový potrubní tlak.....	18
Obrázek 14 – Větrná mapa [6].....	19
Obrázek 15 – Průběh tlaku větru v závislosti na výšce	20
Obrázek 16 – Rozdělení tlaku větru po obvodě skořepiny [3].....	22
Obrázek 17 – Součinitel konstrukce [2]	22
Obrázek 18 – Směrné hodnoty koncového efektu [2].....	23
Obrázek 19 – Součinitel vnějšího tlaku [2]	24
Obrázek 20 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru X+ [2].....	26
Obrázek 21 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru X+ [2].....	26
Obrázek 22 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru X- [2].....	27
Obrázek 23 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru X- [2].....	27
Obrázek 24 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru Y+ [2]	28
Obrázek 25 – Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru Y+ [2].....	28
Obrázek 26 – Zatížení větrem na tubus komína ve směru Y- [2].....	29
Obrázek 27 - Zatížení větrem na přípojovací krček komína ve směru Y- [2]	29
Obrázek 28 – Součinitel síly bez vlivu proudění [2]	30
Obrázek 29 – Seismická mapa [6].....	32
Obrázek 30 – Charakteristické spektrum vodorovné pružné odezvy	33
Obrázek 31 – Návrhové spektrum vodorovné pružné odezvy	33
Obrázek 32 – Rozdělení tloušťek skořepiny po výšce komína pro reálný i výpočtový stav	35
Obrázek 33 – Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu	37
Obrázek 34 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu	38
Obrázek 35 – Základní smykové napětí při kladném povrchu	39
Obrázek 36 – Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu	40
Obrázek 37 – Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu.....	41
Obrázek 38 – Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu.....	42
Obrázek 39 -Základní smykové napětí při záporném povrchu	43
Obrázek 40 – Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu.....	44
Obrázek 41 – Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu	45
Obrázek 42 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu	46
Obrázek 43 - Základní smykové napětí při kladném povrchu.....	47
Obrázek 44 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu.....	48
Obrázek 45 - Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu.....	49
Obrázek 46 - Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu.....	50

Obrázek 47 - Základní smykové napětí při záporném povrchu	51
Obrázek 48 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu.....	52
Obrázek 49 - Základní normálové napětí ve směru X při kladném povrchu	53
Obrázek 50 - Základní normálové napětí ve směru Y při kladném povrchu	54
Obrázek 51 - Základní smykové napětí při kladném povrchu.....	55
Obrázek 52 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při kladném povrchu.....	56
Obrázek 53 - Základní normálové napětí ve směru X při záporném povrchu.....	57
Obrázek 54 - Základní normálové napětí ve směru Y při záporném povrchu.....	58
Obrázek 55 - Základní smykové napětí při záporném povrchu	59
Obrázek 56 - Ekvivalentní von Misesovo napětí při záporném povrchu	60
Obrázek 57 - Celková deformace tubusu od kombinace MSP charakteristická.....	61
Obrázek 58 - Značení rotačních skořepin [3]	62
Obrázek 59 - Geometrie skořepiny [3].....	62
Obrázek 60 - Část válce vyztuženého prstenci [3]	63
Obrázek 61 - Náhrada skutečného rozdělení vnějšího tlaku větru [1].....	66
Obrázek 62 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav	70
Obrázek 63 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav.....	71
Obrázek 64 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seizmická.....	72
Obrázek 65 - Schéma ochozu.....	73
Obrázek 66 - Normálová síla N od kombinace MSÚ běžný stav	74
Obrázek 67 - Normálová síla N od kombinace MSÚ poruchový stav.....	74
Obrázek 68 - Normálová síla N od kombinace MSÚ seizmická.....	75
Obrázek 69 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ běžný stav	75
Obrázek 70 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ poruchový stav	76
Obrázek 71 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ seizmická.....	76
Obrázek 72 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav	77
Obrázek 73 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav.....	77
Obrázek 74 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seizmická.....	78
Obrázek 75 - Deformace u_z od kombinace MSP charakteristická.....	78
Obrázek 76 - Návrhová tabulka podlahových roštů.....	81
Obrázek 77 - Schéma připojovacího krčku.....	88
Obrázek 78 - Normálová síla N od kombinace MSÚ běžný stav	89
Obrázek 79 - Normálová síla N od kombinace MSÚ poruchový stav	90
Obrázek 80 - Normálová síla N od kombinace MSÚ seizmická.....	91
Obrázek 81 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ běžný stav	92
Obrázek 82 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ poruchový stav	93
Obrázek 83 - Posouvající síla V_z od kombinace MSÚ seizmická.....	94
Obrázek 84 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ běžný stav	95
Obrázek 85 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ poruchový stav	96
Obrázek 86 - Ohybový moment M_y od kombinace MSÚ seizmická	97
Obrázek 87 - Deformace u_z od kombinace MSP charakteristická	98
Obrázek 88 - Deformace u_x od kombinace MSP charakteristická.....	99
Obrázek 89 - Deformace u_y od kombinace MSP charakteristická	100
Obrázek 90 - Celková deformace připojovacího krčku od kombinace MSP charakteristická	101
Obrázek 91 - Schéma rozmístění kotevních prvků	106

Obrázek 92 – Vzorové schéma umístění neutrálné osy [8]	107
Obrázek 93 – Vzorové schéma připojení patního plechu [7].....	113
Obrázek 94 – Rozměry pásnice náhradního T – profilu [3].....	113
Obrázek 95 – Hodnota alfa pro vyztužené pásnice [3]	114

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1 – Tlak větru v závislosti na výšce	21
Tabulka 2 – Tlaky na připojovací krček	24
Tabulka 3 – Tlak větru na povrchy	25
Tabulka 4 – Tlak větru na povrchy – zjednodušený pro globální model	25
Tabulka 5 – Přehled prvků tubusu komína	36
Tabulka 6 – Okrajové podmínky skořepin [4]	62
Tabulka 7 – Posouzení výztuhy na ohyb	73
Tabulka 8 – Přehled prvků ochozů	73
Tabulka 9 – Posouzení konzoly na ohyb	79
Tabulka 10 – Posouzení příčného nosníku na ohyb	79
Tabulka 11 – Posouzení vzpěry na vzpěr	80
Tabulka 12 – Přehled prvků připojovacího krčku	87
Tabulka 13 – Posouzení lemování otvoru na vzpěr	102
Tabulka 14 – Posouzení vnitřní diagonály na vzpěr	103
Tabulka 15 – Posouzení vnější diagonály na vzpěr	104
Tabulka 16 – Posouzení bočních žebér na ohyb	104
Tabulka 17 – Posouzení vrchních a spodních žebér	105
Tabulka 18 – Výpočetní vlastnosti pro jednotlivé kotevní prvky	108
Tabulka 19 - Síly do kotevních prvků	110

POUŽITÉ ZDROJE:

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
 [2] ČSN EN 1991-1 Zatížení stavebních konstrukcí
 [3] ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí
 [4] ČSN EN 1993-3 Stožáry, komíny
 [5] ČSN EN 1998-1 Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesením
 [6] Dlubal – Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením [online], Dostupné z:
<https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim>
 [7] TROITSKY, M.S. *TUBULAR STEEL STRUCTURES – Theory and Design*; James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 1990
 [8] Horn, D. *Technical manual 1 - Design of Monopole Bases*; Tower Numerics Inc., 2011